

Mitteilung der Philips Zentrallaboratorium GmbH, Laboratorium Hamburg

D. GOSSEL

## Parametrische Verstärker\*

DK 621.375.5

Das Prinzip der Energiezufuhr durch periodische Variation eines Kreisparameters (Reaktanz) wird an Hand eines elektromechanischen Modells erklärt. Im elektrischen Fall tritt an die Stelle des mechanisch „gepumpten“ Parameters eine nichtlineare Reaktanz, vorzugsweise die spannungsabhängige Kapazität einer in Sperrrichtung betriebenen Halbleiterdiode. Es werden die verschiedenen Betriebsarten für parametrische Verstärker erläutert.

metrische Verstärker behandelt werden, dessen Vorteile gegenüber dem Maser im geringen Aufwand bestehen — Betrieb bei Zimmertemperatur und im Falle des parametrischen Diodenverstärkers kein äußeres Magnetfeld. — Dazu kann die Funktion des parametrischen Verstärkers ohne die Mittel der Quantenphysik erklärt und verstanden werden.

## 1. Einleitung

Bis zum Jahre 1948 war die zu Anfang unseres Jahrhunderts von Lee de Forest und Robert von Lieben erfundene Elektronenröhre das einzige wesentliche Verstärkerelement in der Elektrotechnik. Magnetische Verstärker, die auf dem Prinzip der gesteuerten Induktivität beruhen, haben im Vergleich dazu nur geringe Bedeutung erlangt.

Seit 1948 ist der Röhre mit dem Transistor, dem der von Shockley, Bardeen und Brattain entdeckte Effekt der Trägerinjektion zugrunde liegt, eine starke Konkurrenz erwachsen, besonders im Nieder- und Mittelfrequenzgebiet sowie in der Miniaturtechnik.

Zur Erzeugung und Verstärkung sehr kurzer Wellen aber wird der Transistor aus grundsätzlichen physikalischen Gründen voraussichtlich auch in Zukunft nicht in Frage kommen. Hier sind in den vergangenen Jahren drei neue Verstärkerprinzipien bekanntgeworden, die sich durch sehr geringes Rauschen und Verwendbarkeit bis zu den höchsten für die Nachrichtentechnik interessanten Frequenzen auszeichnen. Es sind dies

1) der auf den Arbeiten von Townes und seinen Mitarbeitern basierende Molekularverstärker oder Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation),

2) der auf Effekten negativer Massen in Halbleitern beruhende Verstärker von H. Krömer, für den die Abkürzung Nomag (Negative Mass Amplifier and Generator) existiert, und

3) der Parametrische Verstärker, von H. Suhl [1] im April 1957 auf Grund theoretischer Untersuchungen an Ferriten vorgeschlagen und von M. T. Weiss [2] experimentell verwirklicht. Verstärkung oder Oszillation werden durch periodische Variation eines Schwingkreisparameters erreicht. Da dieser Parameter nur eine Kapazität oder Induktivität, nicht aber ein Widerstand sein kann, ist auch der Name Reaktanzverstärker gebräuchlich.

Während für den Nomag noch keine experimentellen Ergebnisse vorliegen, sind Maser und parametrische Verstärker in vielen Ausführungsformen erprobt und gebaut worden. In dieser Arbeit soll der para-

## 2. Grundlagen

## 2.1 Der Mechanismus der Energieübertragung

Alle Verstärker benötigen eine eigene Energiequelle, aus der die zur Verstärkung benötigte Energie laufend in das System gepumpt wird. Röhre und Transistor sind Gleichstrompumpen, sie wandeln in bekannter Weise Gleichstromenergie in Signalenergie, das heißt in Wechselstromenergie, um.

Beim parametrischen Verstärker wie auch beim Maser wird im Gegensatz dazu eine Wechselstrompumpe verwendet. Als lokaler Energielieferant treten weder Anodenbatterie noch Gleichrichternetzgerät unmittelbar, sondern zum Beispiel ein Röhrenoszillator auf.

Der Mechanismus der Energieübertragung sei an dem einfachen elektromechanischen Modell im Bild 1 betrachtet. In dem links oben dargestellten Schwingkreis sei — nach vorhergegangem Anstoß — eine Schwingung der Frequenz  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC_0}$  enthalten. Die Diagramme zeigen gestrichelt den Verlauf von Energie, Ladung und Spannung während drei Halbperioden.

Die im Kreis gespeicherte Energie ist

$$W_0 = \frac{1}{2} C_0 \hat{U}^2 = \frac{1}{2} L \cdot \hat{I}^2 = L \cdot I_{\text{eff}}^2 \quad (1)$$

Davon geht je Halbperiode  $\frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega_0}$  infolge Dämpfung der Betrag

$$\Delta W_e = I_{\text{eff}}^2 \cdot R \cdot \frac{\pi}{\omega_0} \quad (2)$$

verloren. Bildet man den Quotienten aus Gl. (2) und Gl. (1), dann erhält man die relative Energieabnahme je Halbperiode

$$\frac{\Delta W_e}{W_0} = \frac{\pi R}{\omega_0 \cdot L} = \frac{\pi}{Q} \quad (3)$$

mit der Kreisgüte  $Q = \frac{\omega_0 L}{R}$ .

\*) Erweiterte Fassung eines Vortrages, gehalten am 15. Februar 1960 im technisch-wissenschaftlichen Kolloquium des Instituts für Rundfunktechnik in Hamburg.

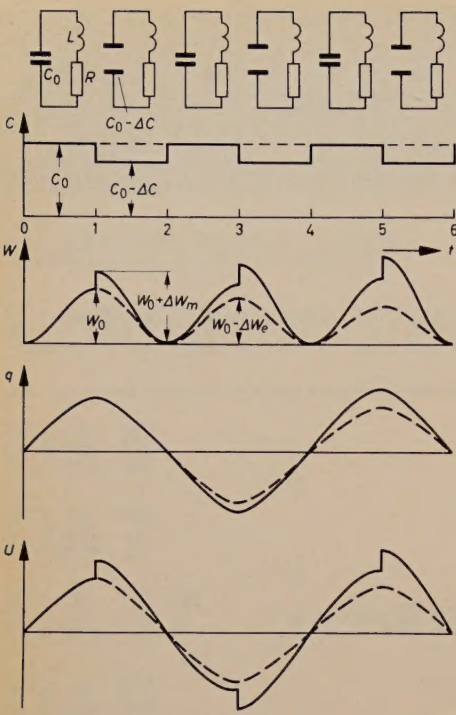


Bild 1. Zum Mechanismus der parametrischen Energieübertragung

Um Schwingungen im Kreis aufrechtzuerhalten, muß dieser Energieverlust durch eine mindestens gleich große Energiezufuhr von außen gedeckt werden. Das einzige Mittel hierfür sei im vorliegenden Falle die Möglichkeit, die Kapazität von dem Wert  $C_0$  auf  $C_0 - \Delta C$  zu verkleinern und umgekehrt. Es ist leicht einzusehen: Der günstigste Zeitpunkt hierfür liegt vor, wenn die Ladung auf den Kondensatorplatten ihr Maximum erreicht. Dann nämlich sind auch die Feldkräfte, gegen die durch Auseinanderziehen der Platten mechanische Arbeit geleistet werden muß, am größten, und ein Maximum an mechanischer Energie wird in elektrische umgewandelt. Die Rückvergrößerung der Kapazität von  $C_0 - \Delta C$  auf  $C_0$  geschieht am besten dann, wenn die Ladung durch Null geht. Jetzt sind keine anziehenden Kräfte wirksam, und beim Zusammenschieben der Kondensatorplatten wird keine mechanische Energie gewonnen, das heißt, dem Kreis wird auch keine elektrische Energie entzogen.

Es ist klar, daß dem Kreis auch durch geeignetes Verändern der Induktivität Energie zugeführt werden kann. Der günstigste Augenblick für die Variation von  $L$  auf  $L - \Delta L$  ist bei  $\Phi = \Phi_{\max}$ , für die Veränderung von  $L - \Delta L$  auf  $L$  dagegen bei  $\Phi = 0$ , wobei  $\Phi$  der magnetische Fluß in der Spule ist.

Durch periodische Variation eines Widerstandes kann man dem Kreis dagegen keine Energie zuführen, weil dabei keine Arbeit gegen Feldkräfte geleistet wird. Es ist also wichtig zu beachten, daß der variable Parameter reaktiven und nicht dissipativen Charakter hat. Dazu ergibt sich, daß offenbar die Frequenz, mit der die Reaktanz vergrößert und verkleinert wird, die sogenannte Pumpfrequenz  $f_p$ ,

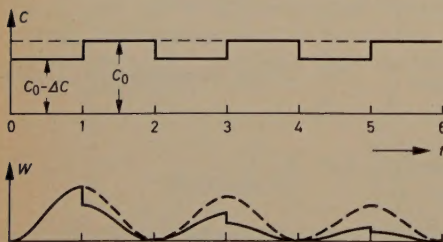


Bild 2. Phasenlage bei Energieentzug

gleich der doppelten Kreis- oder Signalfrequenz  $f_s$  sein muß, und weiterhin, daß eine Phasenbedingung für optimalen Energietransport zwischen Pumpe und Signal einzuhalten ist. Verschiebt man beispielsweise die Phase der Pumpschwingung um  $180^\circ$  gegenüber dem beschriebenen Fall (Bild 2), dann wird dem Kreis Energie entzogen statt zugeführt.

Quantitativ sieht die Energiezufuhr für den Fall der veränderbaren Kapazität und Einhaltung der günstigsten Phasenbedingung folgendermaßen aus:

Kurz vor der Kapazitätsverringering (zur Zeit 1 im Bild 1) war die im Kondensator gespeicherte Energie nach Gl. (1) mit  $\hat{U} = \frac{q}{C_0}$

$$W_0 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_0}, \quad (4)$$

kurz danach ist sie um  $\Delta W_m$  auf

$$W_0 + \Delta W_m = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_0 - \Delta C} = W_0 \frac{1}{1 - \frac{\Delta C}{C_0}} \approx W_0 \left(1 + \frac{\Delta C}{C_0}\right) \quad (5)$$

( $\Delta C/C_0 \ll 1$ ) angewachsen; der relative Energiezuwachs je Halbperiode ist

$$\frac{\Delta W_m}{W_0} = \frac{\Delta C}{C_0} \quad (6)$$

Daraus erhält man mit Gl. (3) eine Bedingung für die Mindestamplitude der parametrischen Variation  $\Delta C/C_0$ , wenn das System schwingen soll.

$$\frac{\Delta W_m}{W_0} \geq \frac{\Delta W_e}{W_0}, \quad (7)$$

das heißt

$$\frac{\Delta C}{C_0} \geq \frac{\pi}{Q} \quad (7a)$$

beziehungsweise

$$\frac{\Delta L}{L} \geq \frac{\pi}{Q}, \quad (7b)$$

wenn statt der Kapazität die Induktivität variiert wird.

Ist Gl. (7) erfüllt, dann steigt die Schwingungsamplitude (wie im Bild 1) exponentiell an. Sie wird später durch in der Schaltung vorhandene Nichtlinearitäten auf einen endlichen Wert begrenzt.

Die Erkenntnis, daß man durch parametrisches Pumpen einem Schwingensystem Energie zuführen kann, ist nicht neu. Ein schaukelndes Kind, das sich an den Umkehrpunkten der Schaukelschwingung erhebt, damit durch Schwerpunktserhöhung die potentielle Energie der Schaukel vergrößert und in der Mittellage der Schaukel zurück in die Hocke geht, wendet das gleiche Prinzip an. Lord Rayleigh hat schon 1883 parametrische Schwingungen am mechanischen Modell ausführlich beschrieben.

Erst seit wenigen Jahren bekannt dagegen ist die Einsicht, daß sich auf diese Weise rauscharme Mikrowellenverstärker bauen lassen. Das aktive Element im parametrischen Verstärker nämlich ist eine zeitlich variable Reaktanz, die kein Rauschen erzeugt — im Gegensatz zu Röhre und Transistor, deren Widerstandseigenschaften zum Rauschen beitragen.

Soll das parametrische Prinzip in Hochfrequenzverstärkern angewendet werden, muß man selbstverständlich von der mechanischen, ruckartigen Veränderung der Induktivität oder Kapazität abgehen. Zur elektrischen Verwirklichung einer variablen Induktivität kann beispielsweise das nichtlineare Verhalten der Ferrite unter dem Einfluß eines starken magnetischen Pumpfeldes sowie eines statischen Magnetfeldes ausgenutzt werden, während eine in Sperrichtung betriebene Halbleiterdiode eine sehr geeignete, spannungsabhängige Kapazität hat\*). Die folgenden Ausführungen gelten nur noch den Diodenverstärkern, da sie

- 1) bisher die größte praktische Bedeutung erlangt haben,
- 2) den geringsten Aufwand und auch die geringste Pumpleistung benötigen sowie
- 3) für das Verständnis des Nichtspezialisten am besten geeignet sind.

Eine von einer Sinusspannung ausgesteuerte Diode hat nicht mehr den bislang betrachteten rechteckförmigen, sondern eher einen sinusähnlichen Kapazitätsverlauf. Bild 3 zeigt die Phasenlage von Kapazi-

\*) Daneben gibt es noch parametrische Verstärker auf Röhrenbasis [6, 7].

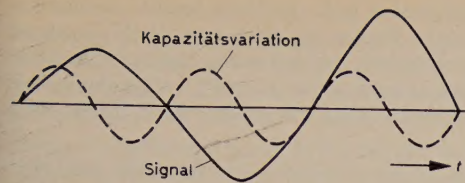


Bild 3. Optimale Phasenlage für Energie transport von der Pumpe zum System bei sinusförmiger Kapazitätsvariation

tätsvariation und Signal für optimale Energieübertragung von der Pumpe in den Schwingkreis, wenn man die Kapazität als Funktion der Zeit mit

$$C(t) = C_0 + \Delta C \cos \omega_p t = C_0 \left( 1 + \frac{\Delta C}{C_0} \cos \omega_p t \right) \quad (8)$$

ansetzt (Bild 4). Da die Rückvergrößerung von  $C$  in einer Zeitspanne erfolgt, in der die Ladung des Kondensators nicht dauernd Null sein kann, wird während dieser Zeit dem System etwas Energie entzogen.

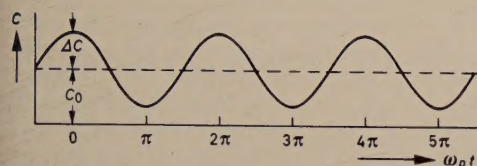


Bild 4. Kapazität als Funktion der Zeit

Die während der Kapazitätsverkleinerung zugeführte Energie ist jedoch sehr viel größer, so daß im zeitlichen Mittel der Energiefluß von der Pumpe zum System gerichtet ist.

Das System wird in seinem Verhalten durch die lineare Differentialgleichung mit zeitabhängigem Koeffizienten  $C(t)$

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C_0 \left( 1 + \frac{\Delta C}{C_0} \cos \omega_p t \right)} i = 0 \quad (9)$$

beschrieben, die eine Sonderform der Mathieu'schen Differentialgleichung ist. Die Beschreibung durch eine lineare Differentialgleichung gilt streng nur für eine sogenannte heteroparametrische Anordnung, bei der Pump- und Signalkreis voneinander getrennt sind. Dann ist — wie in Gl. (8) vorausgesetzt — die variable Kapazität nur Funktion der Pumpfrequenz  $\omega_p$  und unabhängig vom Signal.

Alle praktisch vorkommenden Verstärker sind autoparametrisch, denn Pump- und Signalspannung sind gleichzeitig an der spannungsabhängigen Kapazität wirksam. Ein solches System wird streng durch eine nichtlineare Differentialgleichung beschrieben, deren Auflösung ungleich schwieriger als die einer linearen Differentialgleichung ist. Glücklicherweise darf man in der Praxis den Einfluß des Signals auf die Kapazitätsvariation vernachlässigen, da die Pumpspannung stets sehr viel größer als die Signalspannung ist. Damit trifft aber die durch Gl. (9) gegebene lineare Beschreibung in guter Näherung die tatsächlichen Verhältnisse.

Entsprechend der Schwingbedingung Gl. (7), die für rechteckförmige Reaktanzvariation abgeleitet wurde, folgt aus Gl. (9) die Schwingbedingung bei sinusförmiger Variation.

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C_0} \geq \frac{1}{Q} \quad (10)$$

Bleibt die parametrische Variation  $\Delta C/C_0$  unter dem kritischen Wert, das heißt bleibt  $\Delta C/2 C_0 < 1/Q$ , dann wird der Kreis lediglich entdämpft, ähnlich wie durch die Rückkopplung im Audion. Für die erhöhte Kreiskgüte  $Q'$  gilt

$$\frac{1}{Q'} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{Q_k},$$

wenn man mit

$$\frac{1}{Q_k} = -r \omega_0 C_0 = -\frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C_0} \quad (11)$$

eine negative Koppelgüte  $Q_k$  definiert. Sie wird von dem negativen Belastungswiderstand  $-r$  hervorgerufen, wobei negative Bela-

stung Entdämpfung bedeutet. Aus Gl. (11) errechnet man den wichtigen Ausdruck für den negativen Widerstand zu

$$r = \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_0 C_0} \frac{\Delta C}{C_0} \quad \text{oder auch} \quad \frac{r}{R} = \frac{1}{2} Q \frac{\Delta C}{C_0}, \quad (12)$$

wenn man  $Q = \frac{1}{\omega_0 C_0 R}$  einführt.

Ein Kreis, der einen negativen Widerstand enthält, kann zur Verstärkung benutzt werden. Bild 5 zeigt eine Signalquelle der EMK  $E$ ,

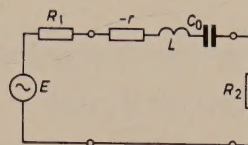


Bild 5. Leistungsverstärkung durch negativen Widerstand

die über den Innenwiderstand  $R_1$  und den negativen Widerstand  $-r$  Wechselstromenergie der Frequenz  $\omega_0$  an den Lastwiderstand  $R_2$  liefert. Die maximal abgebbare Leistung der Quelle ist  $P_{0 \max} = \frac{E^2}{4 R_1}$ , die in  $R_2$  umgesetzte Leistung

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{E^2}{(R_1 + R_2 - r)^2} R_2$$

Daraus ergibt sich die Leistungsverstärkung zu

$$v_p = \frac{P_2}{P_{0 \max}} = \frac{4 R_1 R_2}{(R_1 + R_2 - r)^2} \quad (13)$$

Man erkennt, daß  $v_p$  beliebig groß werden kann, wenn  $r$  sich der Summe aller im Kreis enthaltenen Widerstände — hier  $R_1 + R_2$  — nähert. Leider ist es schwierig, mit einer solchen Anordnung hohe Verstärkungen zu erreichen, da Eingang und Ausgang nicht wie bei einer Röhre entkoppelt sind. Je größer  $v_p$ , desto geringer wird die Stabilität und desto größer die Schwinganfälligkeit. Für  $r = R_1 + R_2 = R$  gerät das System ins Schwingen, weil dann Gl. (12) in die Schwingbedingung Gl. (10) übergeht.

## 2.2 Der allgemeine Fall $f_s \neq f_p/2$ — die Leistungsbeziehungen von Manley und Rowe

Bisher wurde nur der spezielle Fall betrachtet, daß die Frequenzbedingung  $f_s = f_p/2$  und die Phasenbedingung für optimalen Energie transport von der Pumpe in den Verstärker erfüllt waren. Es ist aber praktisch unmöglich, die Frequenz- und Phasenbedingung über längere Zeit einzuhalten, weil man keine Kontrolle über das schwache, erst mit dem parametrischen Verstärker anzuhebende Eingangssignal hat. Was passiert nun, wenn die Signalfrequenz von der halben Pumpfrequenz abweicht? Die Antwort gibt das fundamentale Leistungstheorem von Manley und Rowe [3]. Es besagt: Wirken eine starke Pumpe der Frequenz  $f_p$  und ein schwaches Signal der Frequenz  $f_s$  gleichzeitig an einer nichtlinearen verlustlosen Reaktanz und sorgt man dafür, daß außer  $f_p$  und  $f_s$  nur die beiden niedrigsten Seitenbänder  $f_p + f_s$  und  $f_p - f_s$  entstehen können, dann ist

$$\frac{P_s}{f_s} + \frac{P_{p+s}}{f_p + f_s} - \frac{P_{p-s}}{f_p - f_s} = 0 \quad (14)$$

$P_s$ ,  $P_{p+s}$  und  $P_{p-s}$  sind die Leistungen bei den Frequenzen  $f_s$ ,  $f_p + f_s$  und  $f_p - f_s$ . Positives Vorzeichen bezieht sich auf Leistung, die vom System nach außen abgegeben wird, negatives Vorzeichen auf absorbierte Leistung.

Drei verschiedene Betriebsarten für parametrische Verstärker lassen sich daraus ableiten, die im folgenden näher betrachtet seien.

### 2.2.1 Verstärkung durch negativen Widerstand

Man läßt außer  $f_p$  und  $f_s$  nur das untere Seitenband der Pumpfrequenz ( $f_p - f_s$ ) entstehen, unterdrückt also alle anderen Modulationsprodukte. Der mittlere Term aus Gl. (14) verschwindet dann, und man erhält

$$\frac{P_s}{f_s} = \frac{P_{p-s}}{f_p - f_s} \quad (15)$$

Wenn  $P_s$  positiv ist, das heißt mehr Leistung der Frequenz  $f_s$  vom System abgegeben als absorbiert werden soll — und dies entspricht den Anforderungen an einen Verstärker —, dann muß man zusätzlich einen Kreis schaffen, in dem die Energie des unteren Seitenbandes  $f_p - f_s$  verbraucht werden kann. Ist  $P_s$  positiv, dann muß nach Gl. (15) auch  $P_{p-s}$  positiv sein. Bild 6 zeigt eine solche zweikreisige Anordnung.  $C(U)$  ist die spannungsabhängige variable Kapazität.

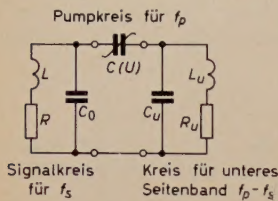


Bild 6. Schaltung eines zweikreisigen parametrischen Verstärkers

Um das Entstehen des unteren Seitenbandes, das für die Erhaltung der Verstärkereigenschaft so wichtig ist, zu verfolgen, sei Bild 7 betrachtet. Weicht die Signalfrequenz von der halben Pumpfrequenz ab, dann wird die Phasenbedingung für maximalen Energiefluß von der Pumpe in den Kreis nicht mehr dauernd erfüllt sein. Zustände der Energiezufuhr wechseln periodisch mit solchen der Energieabgabe ab, wenngleich ein Überschuß der Zufuhr im zeitlichen Mittel bestehen bleibt. Die entsprechende periodische Schwankung des Eingangssignals ist im Bild 7b zu sehen. Damit sich aber dieses Eingangssignal, das eine Schwebung darstellt, überhaupt ausbilden kann, muß man

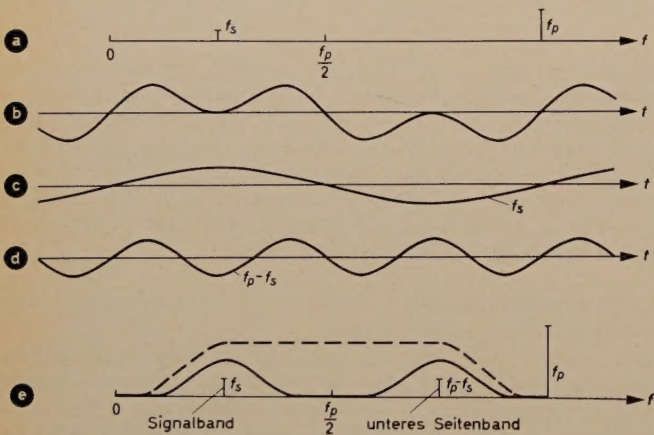


Bild 7. Entstehung des unteren Seitenbandes

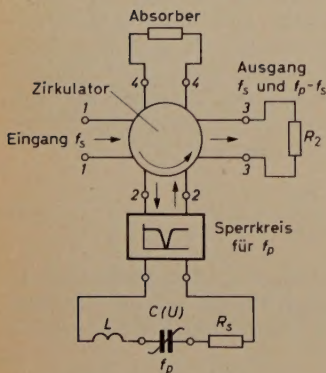
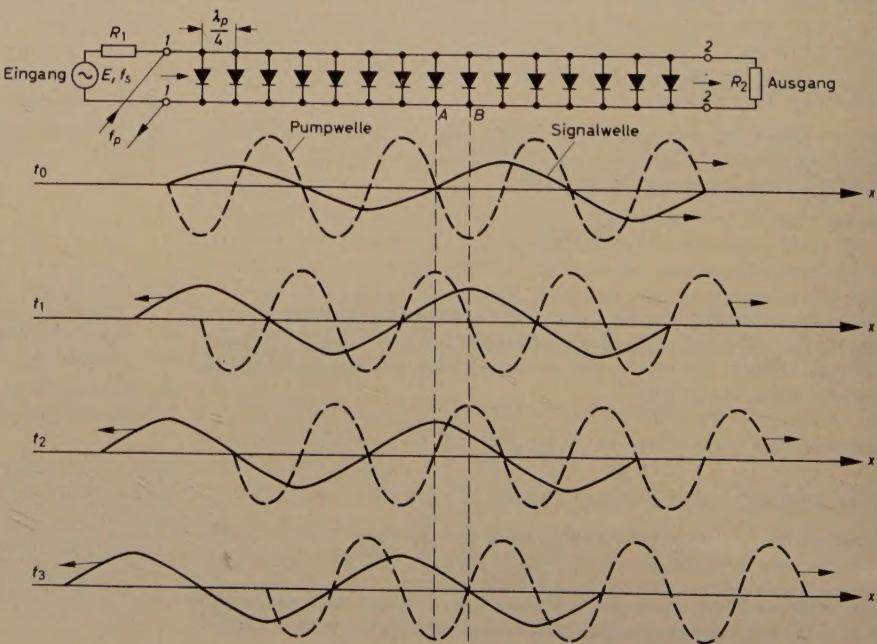


Bild 8. Entkopplung von Ein- und Ausgang durch einen Zirkulator

Bild 9. Prinzip des parametrischen Wanderfeldverstärkers



auch seine Spektralkomponenten sich ausbilden lassen; es sind die in den Bildern 7c und 7d gezeichneten Schwingungen der Frequenzen  $f_s$  und  $f_p - f_s$ . Das kann entweder durch Bereitstellen eines zweiten Kreises für  $f_p - f_s$  geschehen oder, wenn  $f_s$  und  $f_p - f_s$  nahe genug beieinander liegen, durch einen Kreis mit entsprechend breiter Resonanzkurve (Bild 7e).

In der einschlägigen, vor allem amerikanischen Literatur wird das untere Seitenband mit verschiedenen Namen bezeichnet. Gebräuchlich sind „Differenzfrequenz“, der für sich selbst spricht, und „Spiegel-frequenz“ mit Rücksicht auf seine und der Signalfrequenz symmetrische Lage zur halben Pumpfrequenz. Weit aus die meisten amerikanischen Autoren aber wählen die Bezeichnung „idler“ (deutsch: Müßiggänger), weil sie das untere Seitenband als nutzloses Nebenprodukt des parametrischen Verstärkungsvorganges ansehen. Über die Berechtigung dazu mag man geteilter Meinung sein, schließlich befreit der Idler durch seine stets phasenrichtige Einstellung zu Pumpe und Signal von der Einhaltung der kritischen Frequenz- und Phasenbedingungen. Dadurch wird der Verstärker erst technisch brauchbar.

Wie schon erwähnt, ist die Verkopplung von Eingang und Ausgang ein erheblicher Nachteil. Hohe Verstärkung muß stets mit schlechter Stabilität erkaufte werden, wenn man nicht besondere Vorkehrungen trifft. Im Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz, für den nichtreziproke Ferritbauelemente zur Verfügung stehen, läßt sich zum Beispiel mittels eines Zirkulators Abhilfe schaffen. Ein Zirkulator ist beispielsweise ein Achteppol mit den vier Ein- oder Ausgängen 1...4, wie im Bild 8 dargestellt. Energie kann sich darin nur in einer Umlaufrichtung fortpflanzen, von 1 nach 2, 2 nach 3, 3 nach 4, 4 nach 1, usw., nicht aber von 4 nach 3, 3 nach 2, 2 nach 1, usw. Mit Hilfe dieses nichtreziproken Bauelementes gelangt Signalenergie der Frequenz  $f_s$  vom Eingang 1 in den parametrischen Kreis bei 2. Die verstärkten Signale  $f_s$  und  $f_p - f_s$  können infolge der Nichtreziprozität des Zirkulators nicht auf den Eingang zurückwirken; sie gelangen zum Ausgang 3. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Anordnung ist, daß ein vom Lastwiderstand bei 3 herrührendes Rauschen im Absorber bei 4 aufgefangen und nicht zurück auf den Eingang wirken und dann erneut verstärkt werden kann.

Wie bei Röhrenverstärkern, ist auch beim parametrischen Verstärker das Produkt von Spannungsverstärkung mal Bandbreite für eine gegebene Anordnung konstant. Wie die Analysis [4] zeigt, wächst dieses Produkt proportional mit  $(f_p - f_s)/f_s$ , kann also durch Erhöhen der Pumpfrequenz über  $2 f_s$  hinaus verbessert werden.

Um große Bandbreiten bei großer Verstärkung zu erreichen, können statt Schwingkreise auch breitbandige Leitungsstrukturen verwendet werden. Da die Verstärkung einer Diode unter dieser Voraussetzung klein ist, werden längs der Leitung mehrere Dioden in geeignetem Abstand eingebaut. Eine solche Anordnung hat außerdem noch den

Vorteil, daß Eingang und Ausgang voneinander getrennt sind, da die Richtung, in der sich die Pumpwelle über die Leitung fortpflanzt, die Richtung festlegt, in der die Signalwelle laufen muß, um verstärkt zu werden. Haben Pump- und Signalwelle entgegengesetzte Richtung, dann findet unter idealen Voraussetzungen keine Verstärkung statt.

Dieses Verhalten soll durch Bild 9 für den vereinfachten Fall, daß die Signalfrequenz gleich der halben Pumpfrequenz ist, anschaulich gemacht werden, das heißt, unteres Seitenband und Signal fallen zusammen. In der ganz oben im Bild 9 angedeuteten Leitung sollen sich Pump- und Signalwelle mit der gleichen Phasengeschwindigkeit fortpflanzen. Der Abstand der Kapazitätsdioden voneinander ist  $\frac{1}{4}$  der Pumpwellenlänge.

Wenn nun Pump- und Signalwelle in der gleichen Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit — von links nach rechts — über die Leitung wandern und wenn die Phasenbedingung für Energiezufuhr in das System bei einer Diode erfüllt ist, dann ist sie es auch bei jeder folgenden. Die Signalamplitude wächst exponentiell längs der Fortpflanzungsrichtung an. Dieser Fall ist im oberen Kurvenbild dargestellt; die ausgezogene Kurve deutet die Signalwelle, die gestrichelte Kurve die Pumpwelle an.

Was geschieht aber, wenn Pump- und Signalwelle in entgegengesetzter Richtung laufen? Dieser Fall ist im Bild 9 für drei aufeinanderfolgende Zeitpunkte  $t_1, t_2, t_3$  dargestellt. Während bei der einen Diode, zum Beispiel bei A, beide Wellen stets die richtige Phasenlage für Energiezufuhr in das System aufweisen, haben sie bei der benachbarten,  $\frac{1}{4}$  Pumpwellenlänge entfernten Diode, bei B beispielsweise, stets die entgegengesetzte Phasenlage, bei der Energie von der Pumpwelle absorbiert wird. Derart wird die rücklaufende Signalwelle durch die eine Hälfte der Dioden verstärkt und durch die andere Hälfte so gedämpft, daß über die gesamte Leitungslänge der Verstärkungsfaktor 1 ist.

Im allgemeinen Fall, wenn die Signalfrequenz nicht gleich der halben Pumpfrequenz ist, muß zusätzlich Ausbreitungsmöglichkeit für eine Welle der unteren Seitenbandfrequenz vorgesehen und außerdem die Beziehung für die Phasenkonstanten der drei Wellen von Tien und Suhl [5]

$$\beta_s + \beta_p - \beta_s = \beta_p$$

erfüllt werden. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn die Phasengeschwindigkeiten von Signal-, Pump- und Idlerwelle einander gleich sind.

### 2.2.2 Verstärkung durch Frequenzumsetzung

Im Gegensatz zur Verstärkung durch negativen Widerstand läßt man jetzt das obere Seitenband  $f_p + f_s$  entstehen und unterdrückt den Idler. Gl. (14) erhält dann die Form

$$\frac{P_s}{f_s} + \frac{P_{p+s}}{f_p + f_s} = 0 \quad \text{oder} \quad P_{p+s} = \frac{f_p + f_s}{f_s} \cdot (-P_s) \quad (16)$$

Hier haben die beiden Leistungen  $P_{p+s}$  und  $P_s$  verschiedenes Vorzeichen. Das bedeutet, die Leistung der Signalfrequenz  $f_s$  kann absorbiert und um den Faktor  $(f_p + f_s)/f_s$  verstärkt bei der Frequenz des oberen Seitenbandes wieder abgegeben werden. Da Eingangs- und Ausgangsfrequenz voneinander verschieden sind, arbeitet der Verstärker stabil. Allerdings ist die Verstärkung durch das Frequenzverhältnis  $(f_p + f_s)/f_s$  begrenzt. Das Prinzip eignet sich daher besonders für Signalfrequenzen im UKW-Bereich, weil dann mit Mikrowellen-Pumposzillatoren beträchtliche Konversionsverstärkungen erreichbar sind.

### 2.2.3 Verstärkung durch Frequenzumsetzung und negativen Widerstand

In diesem Fall läßt man wieder das untere Seitenband entstehen. Im Gegensatz zur Verstärkung durch negativen Widerstand allein wird das Ausgangssignal bei der Idlerfrequenz entnommen. Man gewinnt dadurch zusätzlich eine gewisse Konversionsverstärkung, nämlich nach Gl. (15)

$$\frac{P_{p-s}}{P_s} = \frac{f_p - f_s}{f_s} \quad (17)$$

Ein solcher Verstärker kann recht stabil arbeiten, weil man bei geforderter Gesamtverstärkung die Verstärkung durch negativen

Widerstand auf Kosten der Konversionsverstärkung kleiner wählen kann.

Alle Betriebsarten mit Frequenzumsetzung haben den Nachteil, daß das Ausgangssignal die gleichen absoluten Frequenzschwankungen erfährt, wie sie der Pumposzillator verursacht. Das kann Schwierigkeiten bereiten, wenn der parametrische Verstärker vor einem selektiven Überlagerungsempfänger betrieben werden soll, und unter Umständen erheblichen Aufwand für die Frequenzstabilisierung des Pumposzillators erforderlich machen.

(Wird fortgesetzt)

## Erweiterter Antennenmeßplatz für Rundstrahlantennen

Auf dem von Rohde & Schwarz in der Nähe von München errichteten Antennenmeßplatz zur Bestimmung der Eigenschaften sehr großer Antennenanlagen können jetzt auch die horizontalen und vertikalen Strahlungsdiagramme von rundstrahlenden Antennenanlagen in einfacher Weise dadurch gemessen werden, daß man die Antenne zur Messung des Horizontaldiagramms um eine senkrechte Achse dreht und zur Messung des vertikalen Strahlungsdiagramms gegen die Vertikale neigt, wie aus Bild 1 hervorgeht. Zur Bewegung der Antenne dient dabei eine mobile Motorwinde (Unimog). Die Größe des Neigungswinkels wird mit Hilfe eines

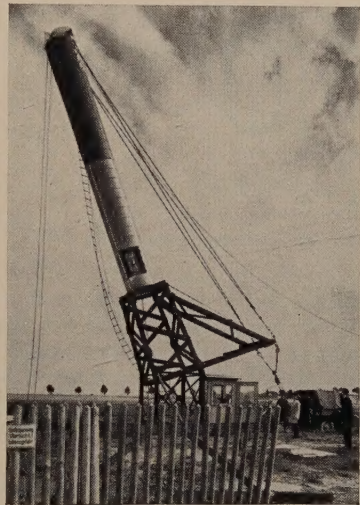


Bild 1. Sendeantenne mit zylindrischem Vereisungsschutz auf dem Meßstand

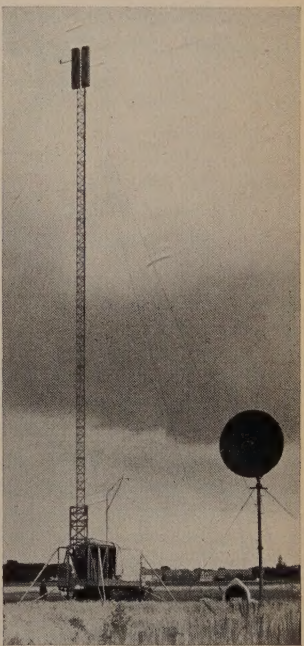


Bild 2. Gegenstation mit mobilem Funkmast

Theodoliten auf etwa  $\frac{1}{10}^\circ$  genau festgestellt. Als Gegenstation dient ein mobiler Funkmast der Firma Hein, Lehmann & Co., Düsseldorf, der ebenfalls mit einer Richtstrahlantenne von Rohde & Schwarz ausgerüstet ist (Bild 2).

Die abgebildete Antennenanlage ist für die RAI, Radiotelevisione Italiana, bestimmt und wurde inzwischen bereits in Monte Mario/Rom aufgestellt und in Betrieb genommen. Es handelt sich dabei um eine rundstrahlende Antennenanlage mit dem Leistungsgewinn 25 und 10 kW Leistungsaufnahme, die im Band IV das zweite Fernsehprogramm Italiens ausstrahlt. Die Antenne besteht aus 32 Richtstrahlfeldern, die so gespeist werden, daß sich in der Vertikalen ein nahezu nullstellenfreies Diagramm ergibt, um eine einwandfreie Versorgung der Nahbereiche um die Sendeanlage zu erreichen. Die Richtstrahlfelder sind durch einen zylindrischen Vereisungsschutz aus Kunststoff gegen Vereisung und sonstige Witterungseinflüsse geschützt. Diese Zylinderverkleidung besteht aus einzelnen Viertelschalen, die im Falle einer Beschädigung ohne Schwierigkeit ausgewechselt werden können. Das eigentliche Rückgrat der Antenne, ein feuerverzinkter Stahlträger, ist im Innern der aus den Richtstrahlfeldern gebildeten Vierecke angeordnet und damit jeder äußeren Beeinflussung entzogen.

Eine andere von Rohde & Schwarz gelieferte Antennenanlage für das zweite Fernsehprogramm versorgt einen großen Teil der Po-Ebene, darunter die Stadt Mailand. Weitere Anlagen für die Stationen Monte Faito/Neapel, Monte Gambarie/Kalabrien und Monte Caccia/Bari sind im Bau.

Nach einer kurzen Beschreibung der von Schmitt angegebenen Impulsformerschaltung, die mit Elektronenröhren arbeitet, wird ein mit Transistoren bestückter Schmitt-Trigger diskutiert. Die Rückkopplungsbedingung für das Kippen der Schaltung wird abgeleitet, und Dimensionierungshinweise für sämtliche Schaltelemente werden angegeben. Abschließend wird erläutert, welche Vorteile sich durch das Anfügen eines Transistor-Schalters ergeben.

## 1. Allgemeines

Für die Umformung beliebiger Wechselspannungen in Rechteckspannungen sind Schaltungen bekannt, von denen die bereits im Jahre 1936 von Schmitt angegebene Schaltung [1] mit zwei Elektronenröhren besonders häufig verwendet wird. Der im Bild 1 gezeigte sogenannte Schmitt-Trigger hat zwei stabile Stellungen, in denen jeweils eine Röhre gesperrt ist, während die andere einen be-

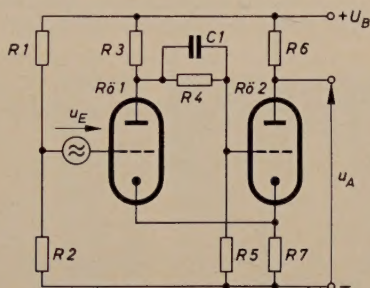


Bild 1. Schaltung des Schmitt-Triggers mit Elektronenröhren

stimmten Strom führt. Der Übergang zwischen diesen beiden Stellungen, das „Kippen“, erfolgt in einer sehr kurzen Zeit, die lediglich von der Dimensionierung der Schaltung, nicht jedoch von der Eingangsspannung abhängt. Mit dem Spannungsteiler  $R_1$ ,  $R_2$  kann man festlegen, ob im Ruhezustand  $Rö 1$  oder  $Rö 2$  Strom führt; eine Änderung der Eingangsspannung nach negativen oder positiven Werten verursacht dann das Kippen.

Nach Einführung der Transistoren lag es nahe, auch transistorisierte Schmitt-Trigger zu bauen, wobei sich gegenüber den mit Röhren bestückten Schmitt-Trigger neben den üblichen Vor- und Nachteilen zwischen Röhre und Transistor vor allem zwei weitere Vorteile zeigten:

- 1) Die galvanische Kopplung von Verstärkerstufen läßt sich bei Transistoren wesentlich einfacher ausführen als bei Röhren. Dadurch entfallen die bei RC-Kopplung auftretenden Ein- und Ausschwingvorgänge, und außerdem lassen sich auch sehr langsam verlaufende Änderungen des Eingangspotentials erfassen.
- 2) Mittels eines an den Schmitt-Trigger angeschlossenen Transistor-Schalters läßt sich der Ausgangsspannungssprung praktisch auf die gesamte Betriebsspannung vergrößern, was für die Steuerung weiterer Kippstufen sehr wesentlich ist.

Bei Berücksichtigung dieser Möglichkeiten läßt sich eine sehr empfindliche und universell verwendbare Impulsformerstufe aufbauen, deren Kern ein Schmitt-Trigger ist. Die Berechnung der gesamten Schaltung nimmt deshalb davon ihren Ausgang.

## 2. Schmitt-Trigger

### 2.1 Rückkopplungswiderstand $R_K$

Zuerst wird die Bedingung für das „Kippen“ des Schmitt-Triggers abgeleitet. Die Schaltung ist ein rückgekoppelter Verstärker, dessen gemeinsamer Katoden- oder Emitterwiderstand eine gewisse Mindestgröße haben muß, damit die Gesamtverstärkung unendlich und so der Kippvorgang eingeleitet wird.

Bei Beginn des folgenden Vorganges führe der Transistor  $T_1$  Strom, der Transistor  $T_2$  sei gesperrt. Aus dem  $I_C$ - $U_{CE}$ -Kennlinienfeld mit  $U_{BE}$  als Parameter kann man in diesem Arbeitspunkt für den strom-

führenden Transistor unter Verwendung der Widerstandsgeraden des Arbeitswiderstandes die

$$\text{dynamische Kollektorsteilheit } S_{C\bar{a}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}} \left[ \frac{\text{mA}}{\text{V}} \right]$$

und den

$$\text{dynamischen Kollektorinnenwiderstand } R_{i\bar{a}} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} [\Omega]$$

bestimmen.

Im Bild 2 ist das für die Wechselstromvorgänge maßgebende Ersatzschaltbild eines mit Transistoren bestückten Schmitt-Triggers dar-

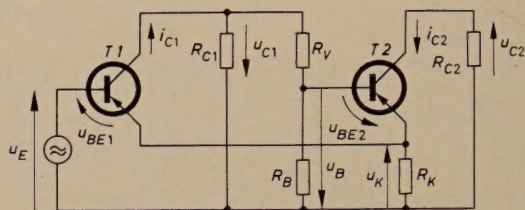


Bild 2. Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines transistorisierten Schmitt-Triggers (Gleichspannungsversorgung weggelassen)

gestellt. Die Verknüpfung zwischen Basis- und Kollektorkreis eines jeden der beiden Transistoren liefert hier die Gleichung

$$i_C = S_{C\bar{a}} \cdot u_{BE}$$

Wie weiter unten gezeigt wird, ist es zweckmäßig, die beiden Kollektorwiderstände  $R_{C1}$  und  $R_{C2}$  so klein wie möglich zu machen; bei gleichen Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  erhält man deshalb für diese beiden Widerstände gleiche Werte, es ist also

$$R_{C1} = R_{C2} = R \quad (2)$$

Aus den weiteren Ausführungen ergibt sich ferner, daß der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers  $R_V + R_B$  groß gegenüber  $R$  ist, so daß man dessen Belastung vernachlässigen kann. Das gleiche gilt für die Basisströme gegenüber den Kollektorströmen.

Mit der Vereinfachung

$$\frac{R_B}{R_V + R_B} = a \quad (3)$$

kann man nun folgende Gleichungen für die Schaltung aufstellen:

$$u_E = u_{BE1} + u_K \quad (4)$$

$$u_{C1} = i_{C1} \cdot R_{C1} \quad (5)$$

$$u_B = a \cdot u_{C1} \quad (6)$$

$$u_B = u_{BE2} - u_K \quad (7)$$

$$u_K = (i_{C1} - i_{C2}) \cdot R_K \quad (8)$$

$$u_{C2} = i_{C2} \cdot R_{C2} \quad (9)$$

$$i_{C1} = S_{C\bar{a}1} \cdot u_{BE1} \quad (10)$$

$$i_{C2} = S_{C\bar{a}2} \cdot u_{BE2} \quad (11)$$

Aus den Gl. (5) und (10) erhält man

$$u_{C1} = R \cdot S_{C\bar{a}1} \cdot u_{BE1} \quad (12)$$

und aus den Gl. (6), (7), (8) und (12)

$$u_{BE2} = a \cdot R \cdot S_{Cd1} \cdot u_{BE1} + R_K (i_{C1} - i_{C2}) \quad (13)$$

Schließlich wird nach den Gl. (9) und (11)

$$u_{C2} = R \cdot S_{Cd2} \cdot a \cdot R \cdot S_{Cd1} \cdot u_{BE1} + R_K (i_{C1} - i_{C2}) \cdot R \cdot S_{Cd2} \quad (14)$$

Für die Eingangsspannung  $u_E$  ergibt sich nach den Gl. (4), (8) und (10)

$$u_E = \frac{i_{C1}}{S_{Cd1}} + (i_{C1} - i_{C2}) R_K \quad (15)$$

Somit wird die Verstärkung der beiden Transistorstufen

$$V = \frac{u_{C2}}{u_E} = \frac{R S_{Cd2} [a R S_{Cd1} u_{BE1} + R_K (i_{C1} - i_{C2})]}{\frac{i_{C1}}{S_{Cd1}} + R_K (i_{C1} - i_{C2})} \quad (16)$$

oder

$$V = R S_{Cd2} \cdot \frac{a R + R_K \left(1 - \frac{i_{C2}}{i_{C1}}\right)}{\frac{1}{S_{Cd1}} + \left(1 - \frac{i_{C2}}{i_{C1}}\right) R_K} \quad (17)$$

Hat der Widerstand  $R_K$  den Wert 0, das heißt ist keine Rückkopplung (Rückkopplung als Oberbegriff von Mitkopplung und Gegenkopplung verstanden) vorhanden, dann ist die Verstärkung der beiden Stufen gemäß Gl. (17)

$$V = S_{Cd1} \cdot S_{Cd2} \cdot a \cdot R^2 \quad (18)$$

Für einwandfreie Wirkungsweise des Schmitt-Triggers ist jedoch eine Rückkopplung durch den Widerstand  $R_K$  erforderlich, da nur dadurch die oben erwähnte Forderung erfüllt werden kann, daß die Gesamtverstärkung  $V$  unendlich wird; das ist der Fall, wenn der Nenner in der Klammer von Gl. (17) den Wert 0 annimmt. Hierfür ist zweierlei Bedingung. Erstens muß der Strom  $i_{C2}$  größer sein als  $i_{C1}$ , und zweitens muß der Widerstand  $R_K$  eine gewisse Größe haben. Solange der Emittierstrom der zweiten Stufe kleiner ist als der der ersten, kann keine Mitkopplung einsetzen; der Widerstand  $R_K$  bewirkt nur eine Gegenkopplung.

Ist dagegen der Strom  $i_{C2}$  um den Faktor  $b$  größer als der Strom  $i_{C1}$ , dann wird der Nenner  $\leq 0$  für

$$R_K \geq \frac{1}{S_{Cd1} (b - 1)} \quad (19)$$

Da sich in der Praxis die dynamische Steilheit  $S_{Cd}$  nicht sehr genau bestimmen läßt, wählt man  $R_K$  zur Sicherheit größer als durch Gl. (19) verlangt, besonders weil dadurch die Funktion nicht beeinträchtigt wird. Der in manchen Fällen störende größere Spannungsabfall am Widerstand  $R_K$  kann, wie bereits erwähnt, leicht durch einen anschließenden Transistorschalter beseitigt werden.

## 2.2 Kollektorwiderstände $R_{C1}$ und $R_{C2}$

Es ist eine günstige Eigenschaft des Schmitt-Triggers, daß die Größe des Widerstandes, an dem die Ausgangsspannung auftritt, in bezug auf den Kippvorgang selbst nicht kritisch ist. Sein Wert wird nach oben durch die geforderte Flankensteilheit (also kleine Zeitkonstante  $T = R_C \cdot C_{schädlich}$ ) und den Eingangswiderstand der nächsten Stufe, nach unten durch den maximal zulässigen Kollektorstrom des verwendeten Transistors bestimmt. Außerdem ist es grundsätzlich nicht nötig, den beiden Kollektorwiderständen  $R_{C1}$  und  $R_{C2}$  gleiche Werte zu geben; in der Praxis wird man das jedoch meist tun, und zwar wählt man wegen der optimalen Flankensteilheit für beide Widerstände den Wert

$$R_{C1} = R_{C2} = R = \frac{U_B}{I_{Cmax}} \quad (20)$$

## 2.3 Spannungsteiler $R_B - R_V$

Der Spannungsteiler  $R_B - R_V$  hat die Aufgabe, den Transistor  $T_2$  derart zu steuern, daß er im Ruhezustand sicher gesperrt ist und im

getriggerten Zustand den maximalen Kollektorstrom  $I_{Cmax}$  liefern kann wobei der Basisstrom  $I_{B2max}$  fließt. Zuerst werden die Verhältnisse bei stromführendem Transistor  $T_2$  an Hand der Ersatz-

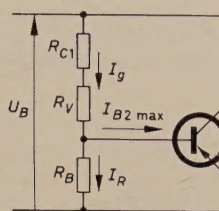


Bild 3. Spannungsteiler zwischen den Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ . Im stationären Zustand ist  $T_1$  stromlos und  $T_2$  leitend

schaltung im Bild 3 betrachtet. Der gesperrte Transistor  $T_1$  tritt wegen seines hohen Sperrwiderstandes nicht in Erscheinung; mit den angegebenen Symbolen gelten folgende Gleichungen:

$$R_V + R_B = R_T \quad (21)$$

$$I_g = I_{B2max} + I_R \quad (22)$$

$$I_R \cdot R_B = U_{BE} + U_K \quad (\text{siehe Bild 2}) \quad (23)$$

$$I_g (R_{C1} + R_V) + U_{BE2} + U_K = U_B \quad (24)$$

Aus den Gl. (21) bis (24) kann man die quadratische Gleichung

$$R_B^2 - R_B \cdot A - C = 0 \quad (25)$$

mit der Lösung

$$R_B = \frac{A - \sqrt{A^2 + 4C}}{2} \quad (26)$$

aufstellen, wobei

$$A = R_{C1} + R_T - \frac{U_B}{I_{B2max}} \quad (27)$$

und

$$C = \frac{U_{BE2} + U_K}{I_{B2max}} (R_{C1} + R_T) \quad (28)$$

ist.

Der Widerstand  $R_V$  wird aus Gl. (21) ermittelt, nachdem  $R_B$  berechnet ist. Der Gesamtwiderstand  $R_T$  darf eine gewisse Mindestgröße nicht unterschreiten, wie aus Gl. (27) hervorgeht. Setzt man nämlich

$$I_{B2max} = \frac{U_B}{R_{C1} \cdot \beta}, \quad (29)$$

wobei  $\beta$  die Stromverstärkung des Transistors ist, dann erhält man für den Faktor  $A$  nur einen positiven Wert, wenn die Bedingung

$$R_T \geq R_{C1} (1 - \beta) \quad (30)$$

erfüllt ist. Damit ist die oben aufgestellte Behauptung, die Belastung des Kollektorwiderstandes durch den Spannungsteiler  $R_V - R_B$  sei vernachlässigbar, begründet.

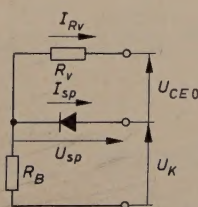


Bild 4. Ersatzschaltung für den gesperrten Transistor

Die nach den Gl. (21) und (26) berechneten Widerstände  $R_V$  und  $R_B$  müssen nun noch daraufhin überprüft werden, ob der Transistor  $T_2$  einwandfrei gesperrt ist, wenn  $T_1$  leitet. Der Kollektor von  $T_1$  ist dann um die Kollektorruhestspannung  $U_{CE0}$  (0,1...0,2 V) negativer als

der Emitter beider Transistoren; das ist zusammen mit der Spannung  $U_K$  die Speisespannung des Spannungsteilers  $R_V - R_B$ , dessen Anteil  $R_B$  mit der Basisdiode des gesperrten Transistors belastet wird. Im Bild 4 sind die dabei maßgebenden Schaltelemente eingezeichnet. Dabei geht man davon aus, daß zur sicheren Sperrung eines Transistors zwischen Emitter und Basis eine Spannung von 0,1...0,2 V erforderlich ist. Der Sperrstrom  $I_{sp}$  fließt in die Basis. Man kann unmittelbar die beiden Gleichungen

$$(I_{sp} + I_{Rv}) \cdot R_B = U_K - U_{sp} \quad (31)$$

$$\text{und} \quad \frac{U_{CE0} + U_{sp}}{R_v} = I_{Rv} \quad (32)$$

ablesen.

Daraus erhält man durch Einsetzen von Gl. (32) in Gl. (31)

$$\frac{U_K - U_{sp}}{R_B} = \frac{U_{CE0} + U_{sp}}{R_v} + I_{sp} \quad (33)$$

und schließlich für die Sperrspannung  $U_{sp}$  bei abgegebenem maximalem Sperrstrom

$$U_{sp} = U_K \frac{R_v}{R_v + R_B} - U_{CE0} \frac{R_B}{R_v + R_B} - I_{sp} \frac{R_v R_B}{R_v + R_B} \quad (34)$$

Wie bereits ausgeführt, ist eine Sperrspannung von 0,2 V ausreichend; eine etwas größere Spannung beeinträchtigt die Funktion nicht.

#### 2.4 Koppelkondensator

Während des Kippvorganges muß der Transistor  $T_2$  in möglichst kurzer Zeit vom gesperrten Zustand aus den maximalen Kollektorstrom führen können. Die Steuerung dieses Vorganges geschieht über die Basis, der hierfür eine genügend große Ladungsmenge zugeführt werden muß.

Man erreicht das mit Hilfe des Koppelkondensators  $C_K$ , für dessen näherungsweise Dimensionierung die Formel

$$C_K \geq \frac{1}{R_C \cdot f} \quad (35)$$

gilt. Hierbei ist  $R_C$  der Kollektorwiderstand und  $f$  die Kollektorgrenzfrequenz des Transistors.

Da ein zu groß gewählter Koppelkondensator  $C_K$  die Abschaltflanke verschlechtert, wird man in jedem Falle den optimalen Wert von  $C_K$  empirisch finden müssen, wozu jedoch Gl. (35) einen Ausgangspunkt liefert.

#### 3. Transistorschalter am Ausgang des Schmitt-Triggers

Ein Schmitt-Trigger in der bisher beschriebenen Form liefert eine rechteckförmige Ausgangsspannung mit den beiden Potentialen  $-U_B$  und  $-I_{C2} \cdot R_K$ . In vielen Fällen wird jedoch eine Ausgangsspannung verlangt, die zwischen den Potentialen  $-U_B$  und 0 schwankt. Man kann dies sehr einfach durch das Anschließen eines Transistorschalters gemäß Bild 5 erreichen.

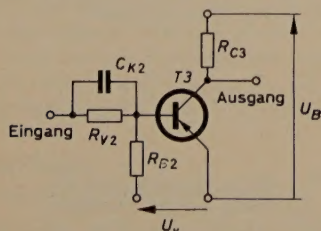


Bild 5. Transistorschalter

Der Transistor mit seinem Kollektorwiderstand  $R_{C3}$  wird über den Spannungsteiler  $R_{V2}$ ,  $R_{B2}$  von der Ausgangsspannung des Schmitt-Triggers gesperrt oder bis zur Sättigung durchgesteuert. Die dabei am Widerstand  $R_{C3}$  auftretende Rechteckspannung hat dann die größtmögliche Amplitude, da bei gesättigtem Transistor an ihm nur die geringe Kollektorrestspannung auftritt.

Über die Dimensionierung von Transistorschaltern ist an anderen Stellen ausführlich berichtet worden, so daß hier darauf verzichtet werden kann [2]. Es sei nur noch auf eine besonders günstige Anschaltungsmöglichkeit hingewiesen.

Zum Betrieb eines Transistorschalters nach Bild 5 benötigt man außer der Betriebsspannung  $U_B$  eine gegen den Emitter negative Spannung  $U_v$ , damit der Transistor sicher gesperrt werden kann. Diese Vorspannung  $U_v$  wird auch beim Betrieb von bistabilen und monostabilen Kippstufen sowie anderen Bausteinen für digitale elektronische Anlagen benötigt. Es ist deshalb zweckmäßig, den Schmitt-Trigger in derartigen Anlagen mit der Betriebsspannung  $U_B + U_v$  zu betreiben und den Spannungsabfall am Widerstand  $R_K$  im getriggerten Zustand ebenso groß wie die Spannung  $U_v$  zu wählen. Dieser Widerstand ist also durch

$$R_K = \frac{U_v}{I_{C \max}} \quad (36)$$

festgelegt.

#### 4. Ansteuerung der Schmitt-Stufe

Je nach dem Anwendungsfall wird es unterschiedlich sein, ob die Spannungsquelle, die die Steuerspannung für die Schmitt-Stufe liefert, direkt mit ihr verbunden werden kann oder ob das wegen mangelhafter Anpassung oder zu geringer Spannung nicht möglich ist. Als Anhaltspunkte können gelten, daß die zur Auslösung erforderliche Spannung etwa 0,1 V ist und daß der Eingangswiderstand bei etwa 1 kΩ liegt.

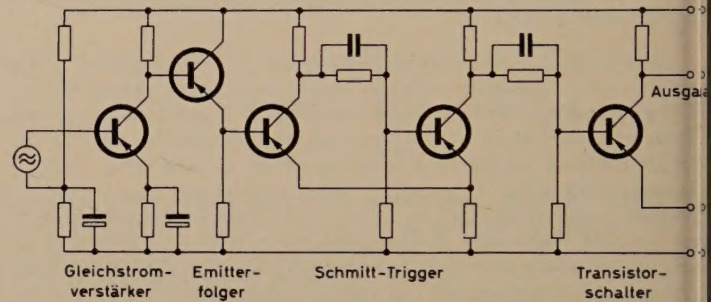


Bild 6. Gleichstromgekoppelter Transistortrigger mit automatisch erzeugter Vorspannung des Transistorschalters

Für Spannungen in der Größenordnung von Millivolt muß man deshalb eine Verstärkerstufe vorsehen, der man wegen günstiger Anpassungsverhältnisse einen Emitterfolger nachschaltet, dessen Ausgang galvanisch mit der Basis des Schmitt-Triggers verbunden ist. Man kommt somit zu der im Bild 6 gezeigten Anordnung, in der die drei genannten Stufen galvanisch miteinander gekoppelt sind.

#### Schrifttum

- [1] Schmitt, O. H.: A thermionic trigger. J. Sci. Instrum. Bd. 15 (1938) S. 244
- [2] Gossiau, K., u. Braun, K.: Schaltkreise mit Transistoren in nachrichtentechnischen Anlagen. Elektron. Rechenanl. Bd. 1 (1959) S. 120—128

(eingegangen am 19. September 1960)

#### Wichtig für unsere Postabonnenten!

Falls Sie ein Heft unserer Zeitschrift einmal nicht erhalten sollten, wenden Sie sich bitte sofort an die Zeitungsstelle Ihres Zustellpostamtes. Sie wird nicht nur für Nachlieferung des ausgebliebenen Exemplares, sondern auch dafür sorgen, daß Ihnen jede Ausgabe künftig pünktlich und in einwandfreiem Zustand zugestellt wird. Unterrichten Sie bitte auch uns über eventuelle Mängel in der Zustellung, damit wir von hier aus ebenfalls das Nötige veranlassen können.

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU  
Vertriebsabteilung

# Aufbau und Anforderungen bei kontaktlosen Steuerungen für die Industrie

DK 62-523.8

Kontaktlose Steuerungen weisen Vorteile gegenüber Schützsteuerungen auf, die ihre zunehmende Verwendung in industriellen Steuerungen begründen. Es werden die an solche kontaktlosen Steuerungen zu stellenden Forderungen zusammengestellt. Der Verfasser zeigt dabei, wie sich diese Forderungen mit Transistorbausteinen erfüllen lassen. Der Aufbau einer kontaktlosen Steuerung mit diesen Steuerbausteinen wird an Hand der „Simatic“-Steuerung beschrieben.

Die Automatisierung und Rationalisierung der Fertigungsprozesse in der Industrie ist eine der Hauptentwicklungsrichtungen der letzten Jahre. Beides wird durch immer größeren Einsatz von elektrischen Steuerungen erreicht. Besteht die Automatisierung darin, der Steuerung einen Anteil der vorher vom Menschen getroffenen Entscheidungen zu übertragen, so daß dadurch der Mensch von der Bedienung entlastet wird, so verlangt die Rationalisierung zusätzlich die Ausschöpfung aller durch die Steuerung gegebenen Möglichkeiten, also insbesondere Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit bis zu den durch die Technologie der Fertigung gesetzten Grenzen.

Das Grundelement der elektrischen Steuerungen ist der mechanische Kontakt, der, durch Steuersignale betätigt, Stromkreise öffnet und schließt. Obwohl die Kontakte inzwischen zu hoher Lebensdauer entwickelt wurden — es werden Werte von  $10^7 \dots 10^8$  Schaltspielen genannt — sind sie nicht in der Lage, die gestiegenen Anforderungen zu erfüllen. Bei Schaltungen, die in staubiger oder chemisch aggressiver Umgebung arbeiten, wird die Kontaktsicherheit durch Veränderungen, An- oder Ablagerungen auf der Oberfläche des Kontaktes ungünstig beeinflusst. Viele Störungen erwiesen sich letztlich als verschmutzte Kontakte, gelockerte Anschlußschrauben oder als zwischen die Kontakte geratene Metallspäne. Ferner bestehen Bedenken gegen mechanische Kontakte beim Schalten von Stromkreisen mit kleinen Strömen und Spannungen, die besondere Kontaktwerkstoffe verlangen.

Ein großer Teil der Schütze und Relais in Steuerungen wird nicht zum Schalten von Lasten benutzt, sondern dient der Erarbeitung der Ausgangsbefehle. Dafür wird aber die den Kontakten zur Verfügung stehende Schaltleistung gar nicht gefordert, so daß die Kontakte für diese Aufgabe stark überdimensioniert sind. Das führt besonders bei umfangreichen Steuerungen zu einem beträchtlichen Raum- und Leistungsbedarf, den man gerne vermeiden möchte. Wünschenswert sind hier Steuerungselemente mit kleinem Leistungsniveau, die einen räumlich gedrängten Aufbau erlauben.

Die Arbeitsgeschwindigkeit liegt bei Relais im allgemeinen unter 100 Hz, größere Geschwindigkeiten als 400 bis 500 Hz lassen sich damit nicht erreichen. Würde man aber Relais mit diesen hohen Schaltheufigkeiten einsetzen, dann wäre schon im Laufe von Tagen die angegebene Anzahl von Schaltspielen erreicht, das heißt, daß man diesen Teil im Interesse eines störungsfreien Fertigungsablaufes ersetzen müßte. Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten treten bei Zähl- aufgaben auf, also beispielsweise bei der Zählung von Umdrehungen oder Weglängenänderungen. Hier sind maximale Arbeitsgeschwindigkeit und Genauigkeit aufs engste mit der Zählgeschwindigkeit gekoppelt. Soll zum Beispiel die Stellung eines Werkstückes, das sich mit der Geschwindigkeit 1 m/s bewegt, auf  $1/10$  mm genau durch Zählung der

Impulse erfaßt werden, die ein bewegter Maßstab liefert, dann ist eine Zählfrequenz von 10 kHz nötig. Sollte die gleiche Genauigkeit mit einer Relaiszählkette mit 100 Hz Grenzfrequenz erreicht werden, dann ist die Vorschubgeschwindigkeit nur noch 1 cm/s. Außerdem könnte sich bei derartigen Aufgaben das Kontaktprellen störend auswirken.

Die genannten Gründe führten dazu, nach neuen Wegen für den Aufbau von Steuerungen zu suchen, die kontaktlos, schnell und leistungsarm arbeiten.

## 1. Aufbau der Steuerung

Jede Steuerung besteht aus einer Reihe von Bauteilen, die entweder als Eingangsbauteile die Meldungen und Befehle (Start, Programmnummer, Stop) entgegennehmen, solchen, die die Befehle nach einem durch den Plan der Steuerung gegebenen Schema übersetzen und den Ausgangsbefehl erarbeiten, und schließlich aus Ausgangsbauteilen, die den Steuerungsbefehl nach außen an die Maschine weitergeben (Verstärker, Schütze, Gittersteuersätze) [1]. Eine Zusammenstellung derartiger Bauteile zeigt Tab. I.

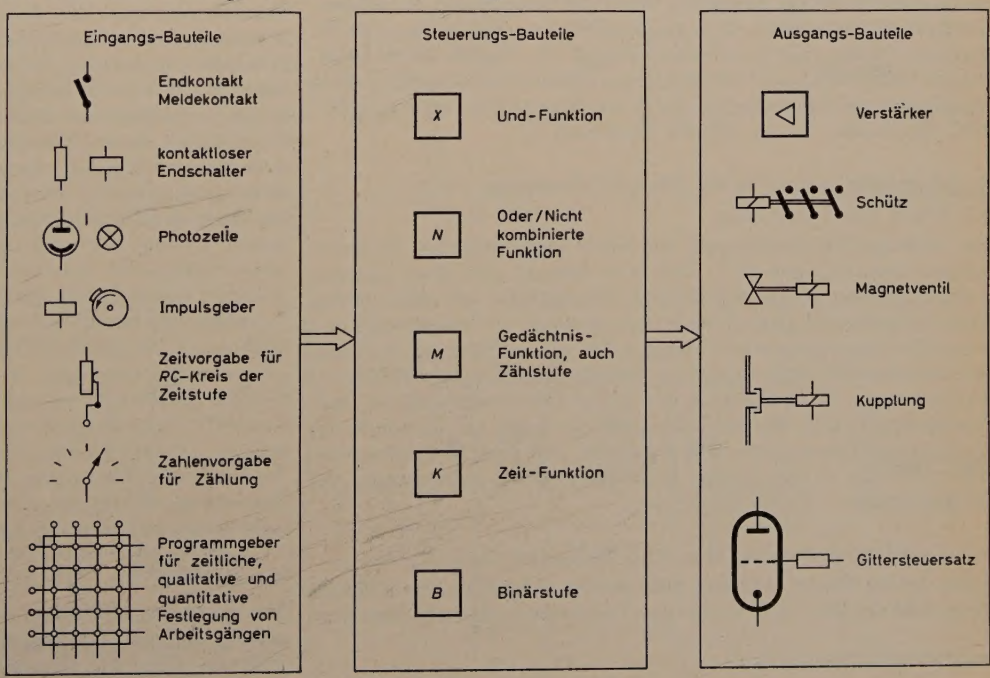
Die Eingangsbauteile übernehmen die auf mechanischem, optischem, magnetischem oder anderem Weg gegebenen Befehle und formen sie in eindeutige, den Steuerbauteilen angepaßte Signale um. Sie müssen zum Teil auch für die Potentialtrennung zwischen Eingang und Steuerung sorgen.

Die Steuerbauteile dienen zur Gewinnung der Ausgangsbefehle und zur Einhaltung der Verriegelungsbedingungen. Diese Aufgaben lassen sich von einer kleinen Anzahl von Steuerbauteilen erfüllen, deren wichtigste in Tab. I zu sehen sind.

Die Ausgangsbauteile geben die von der Steuerung erarbeiteten Befehle an die Maschine weiter. Dazu ist in den meisten Fällen eine Verstärkung nötig, um von dem niedrigen Leistungsniveau der Steuerung auf das höhere der Maschine zu gelangen. Für diese Bauteile benötigt man jedoch nicht die hohe Arbeitsgeschwindigkeit wie für die Steuerungs- und Eingangsbauteile.

Im folgenden seien der Aufbau und die Eigenschaften der Steuerungsbauteile betrachtet, da diese der eigentliche Kern der kontaktlosen Steuerungen sind [2].

Tab I. Zusammenstellung von Bauteilen für Steuerungen



## 2. Forderungen an die Bauteile der kontaktlosen Steuerungen

Vernünftigerweise wird man folgende Forderungen an die Entwicklung eines kontaktlosen Steuerungssystems stellen:

- 1) Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer auch unter ungünstigen äußeren Bedingungen,
- 2) kleiner Raumbedarf und geringe Verlustleistung,
- 3) hohe Arbeitsgeschwindigkeit,
- 4) Aufbau eines abgeschlossenen Systems von Steuerbauteilen,
- 5) einfache Montage, Auswechselbarkeit,
- 6) mäßiger Preis. Die schönste Steuerung kann nicht verkauft werden, wenn sie zu teuer ist.

Zu Punkt 4) wäre noch folgendes zu sagen: Es ist bekannt, daß die beispielsweise in Tab. I angegebenen Steuerbauteile durch Kombination eines einzigen Grundbauteiles — entweder durch Noch-Gatter (nor-gate) oder durch Sheffersche Striche — dargestellt werden können [3]. Will man sämtliche Steuerbauteile aus dem einen Grundbauteil aufbauen, so stellt man fest, daß man dann im allgemeinen an Stelle eines einzigen Steuerbauteiles mehrere Grundbauteile und noch eine zusätzliche Außenbeschaltung benötigt. Wählt man jedoch zu viele verschiedene Steuerbauteile, dann wird eine rationelle Fertigung in Frage gestellt, und Lagerhaltung und Übersicht werden bei der Projektierung erschwert. Hier gilt es, eine mittlere optimale Anzahl von Steuerbauteilen zu finden. Sämtliche Bauteile müssen miteinander verbunden und alle Aufgaben einer bestimmten Klasse von Steuerungen mit diesen Bauteilen erfüllt werden können. Die Projektierung ist insofern zu erleichtern, als der projektierende Ingenieur nurmehr die Wirkung und nicht mehr den Innenaufbau des Bauteiles betrachten muß, wenn nur die Grenzwerte (Versorgungsspannung, Anzahl der angeschlossenen Bauteile usw.) eingehalten werden.

## 3. Kontaktlose Steuerungen

Der Aufbau einer kontaktlosen Steuerung sei am Beispiel der von der *Siemens-Schuckertwerke AG* entwickelten „Simatic“-Steuerung gezeigt. Prinzipiell lassen sich logische Schaltungen mit jeder Art von verstärkenden Elementen verwirklichen und sind auch bereits in allen möglichen Varianten mit Magnetverstärkern, Kaltkathodenröhren, Elektronenröhren, Transistoren, Transfluxoren, Parametrons usw. beschrieben worden. Am häufigsten findet man die Verwendung von Transistoren, die wegen ihrer Robustheit, langen Lebensdauer und wegen des geringen Raumbedarfs die genannten Forderungen am besten erfüllen. Für die „Simatic“-Bauteile werden Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren verwendet. Die Grundschialtung, das nor-gate, ist einfach und billig. Die Schaltungen verwenden die Transistoren nur in den zwei Zuständen: „völlig durchlässig“ und „völlig gesperrt“, so daß der Verlauf der Kennlinien zwischen diesen Punkten ohne Einfluß auf die Funktion bleibt. Als einzig einschneidende Bedingung bleibt die Temperatur, die gewisse, durch die physikalischen Eigenschaften der Ge- oder Si-Transistoren gegebene Grenzen nicht überschreiten darf. Die Vorteile dieser Schaltungen machen sich auch die Steuerungssysteme zunutze, die andere Großfirmen auf den deutschen Markt brachten (*AEG*: Logistat, *BBC*: BBC-Elektronik, *Valvo*: Digitale Bausteine) [3].

## 4. Arbeitsbedingungen für die „Simatic“-Steuerung

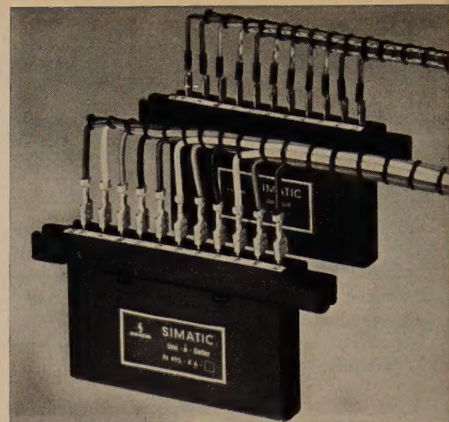
### 4.1 Wahl der Spannung

Die zulässige Höchstspannung der heute handelsüblichen Ge-Transistoren liegt bei etwa 60 V. Man wird bemüht sein, diese Grenzen schaltungsmäßig so gut wie möglich auszunutzen, um einen großen Sicherheitsabstand gegen Kennlinienänderungen der Transistoren und um große Ausgangssignale zu erhalten. Die sichere Sperrung der Transistoren erfordert Maßnahmen zur Sperrstromabführung bei höheren Temperaturen. Es ist also noch eine positive Sperrspannung (bei *pnp*-Transistoren) nötig. Für die „Simatic“-Steuerung wurde eine Nennspannungsversorgung von  $\pm 24$  V gewählt. Die Versorgungsspannung darf um  $-10...+15\%$  von der Nennspannung abweichen, wobei eine Welligkeit von  $< 3\%$  zugelassen ist.

### 4.2 Umgebungstemperatur und Belastbarkeit

Diese beiden Daten sind eng miteinander verknüpft. Die äußerste Grenze ist auf jeden Fall die für den Transistor zugelassene Junction-

Bild 1. „Simatic“-Bauteil nach dem Vergießen; Anschlüsse durch Amp-Klemmen oder Weichlöten



Temperatur. Eine andere Grenze gibt der Ableitwiderstand zwischen Transistorbasis und positiver Sperrspannungsschiene. Je niederohmiger dieser Widerstand gehalten wird, um so höhere Temperaturen  $T_j$  sind zulässig, da dann auch bei großen Sperrströmen noch ein genügend positives Sperrsignal an der Basis liegt. Ist der Transistor jedoch leitend, dann fließt ein Teil des Steuerstroms nicht über die Basis, sondern nutzlos über diesen Widerstand ab. Die Folge ist, daß bei niederohmigen Ableitwiderständen eine geringere Anzahl von Bauteilen an den Ausgang eines vorhergehenden Steuerbauteiles angeschlossen werden kann. Deshalb, und weil im Interesse der Lebensdauer der Transistoren ein „derating“ (Herabsetzung) der maximalen Junction-Temperatur empfohlen wird, liegt die maximale Junction-Temperatur der Ge-Transistoren in den „Simatic“-Schaltungen tiefer als die listenmäßig zulässige.

Die im Transistor entstehende Wärme fließt über den thermischen Widerstand des Gesamtbauteiles ab und ruft an ihm einen Temperaturabfall hervor, der nun endgültig die maximal zulässige Umgebungstemperatur bestimmt. Diese Temperatur liegt bei den „Simatic“-Bauteilen bei  $+50^\circ\text{C}$  und damit sicher über den in subtropischen Klimaten auftretenden maximalen Temperaturen [4].

Das Leistungsniveau der Steuerbauteile braucht für die Signalverarbeitung nicht hochzuliegen, doch muß hinsichtlich der benötigten Ein- und Ausgangssignale ein genügender Abstand gegenüber Störeinflüssen gegeben sein. Außerdem richtet sich die Wahl der Arbeitspunkte nach den für den Betrieb günstigsten Bedingungen, wie zum Beispiel Stromverstärkung, die für bestimmte Ströme und Temperaturen ein ausgeprägtes Maximum hat.

### 4.3 Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz ist nach oben durch die Wahl der verwendeten Transistoren und der Grundschialtung — gesättigte Transistor-schialtung — begrenzt. Einerseits besteht verständlicherweise der Wunsch, die Arbeitsgeschwindigkeit hoch zu wählen, andererseits bedingt eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit aber größere Anfälligkeit gegen kapazitive und induktive Störeinflüsse sowie aufwendigere Schaltungen, die die Einzelbauteile verteuern, und zum Teil auch aus dem Rahmen der Starkstromtechnik fallende Anforderungen an die Leitungsführung und Verdrahtung. Hier müssen die praktischen Anforderungen der industriellen Steuerungen eine sinnvolle Grenze setzen. Es zeigt sich rasch, daß nur in den seltensten Fällen Arbeitsgeschwindigkeiten von mehr als einigen Kilohertz nötig sind. Die höchsten Geschwindigkeiten werden bei den Zählvorgängen verlangt, beispielsweise für die Zählung von Umdrehungen oder Weglängenänderungen bei der Positionierung von Werkzeugmaschinen. Für die „Simatic“-Steuerungen wurde eine maximale Zählfrequenz von 10 kHz festgesetzt, so daß bei Werkstückgeschwindigkeiten von 1 m/s (10 cm/s) Wegänderungen von 0,1 (0,01) mm gezählt werden können. Die 10-kHz-Grenze gilt für die Zählung mit vier Dezimalen. Da bei jedem Zählvorgang (zum Beispiel von 999 bis 1000) mehrere Bauteile mit ihren Lauf- und Totzeiten beteiligt sind, muß das Einzelbauteil eine entsprechend höhere Grenzfrequenz haben.

### 4.4 Aufbau

Die Elemente, aus denen sich die „Simatic“-Bauteile zusammensetzen, sind auf Hartpapierplatten mit gedruckter Schaltung untergebracht (Bild 1). Die Schaltungen sind tauchgelötet und mit

\*) eingetragenes Warenzeichen

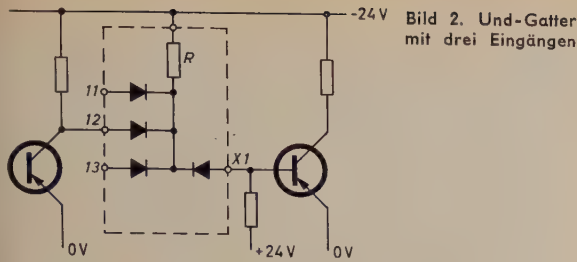


Bild 2. Und-Gatter mit drei Eingängen

einer Schutzmasse vergossen, die sie vor allen äußeren korrodierenden Einflüssen bewahrt. An den nach außen geführten Anschlüssen können je nach Wunsch Weichlotverbindungen oder lotfreie Amp-Klemmen angebracht werden. Dadurch ist eine schnelle Montagemöglichkeit gegeben.

## 5. Aufbau der Steuerbauteile

### 5.1 Und-Gatter

Das einfachste und in den Steuerungen am häufigsten vorkommende Bauteil ist das Und-Gatter (Bild 2). Es ist ein passives Bauteil ohne verstärkende Wirkung. Am Ausgang  $X1$  erscheint nur dann Signal<sup>1)</sup>, wenn an den Eingängen  $11$  und  $12$  und  $13$  gleichzeitig ein Signal ansteht. Liegt mindestens einer der Eingänge auf  $O$ -Signal (zum Beispiel  $12$ ), dann fließt Strom von  $0$  V über den Transistor, die Diode im Eingang  $12$  und den Widerstand  $R$  nach  $-24$  V. Das Potential an dem allen Dioden gemeinsamen Punkt wird dadurch auf  $U_{Tr} + U_D \geq -1,5$  V gehalten. Der Schwellwert der Diode am Ausgang  $X1$  sorgt zusammen mit dem Ableitwiderstand an der Basis des nachfolgenden Transistors für ein positives Sperrsignal am Ausgang  $X1$ .

### 5.2 Oder/Nicht-Bauteil

Das Nicht-Bauteil (Umkehrbauteil, Bild 3) enthält die Grundschaltung — das nor gate —, die Bestandteil aller übrigen aktiven verstärkenden Bauteile ist. Die Nicht-Stufe bewirkt eine Signalumkehr, bei Signal am Eingang verschwindet das Signal am Ausgang  $A0$ .

Die parallelen Eingänge  $11$ ,  $12$ ,  $1X$  stellen ein Oder-Gatter dar, das heißt, die Funktion des nachgeschalteten Bauteiles — hier des Umkehrbauteiles — wird erfüllt, wenn Signal am Eingang  $11$  oder Eingang  $12$  oder Eingang  $1X$  ansteht. Sämtliche aktiven Bauteile des „Simatic“-Systems enthalten Oder-Gatter mit 2...7 Eingängen. Wie bereits angedeutet, lassen sich sämtliche logischen Verknüpfungen mit dem nor gate aufbauen, doch führt das leicht zu aufwendigen Schaltungen, die mit Sonderbauteilen einfacher realisierbar sind. Dies ist am Beispiel der Verknüpfung  $A \times B \times C$  gezeigt, die mit nor gates vier Grundbauteile erfordert und durch ein einziges Und-Gatter ersetzt werden kann (Bild 4).

Ist der Transistor des Umkehrbauteiles leitend, dann erscheint am Ausgang  $A0$  nicht exakt die Spannung  $0$  V, sondern der Spannungsabfall  $U_0$  des leitenden Transistors, der zwischen  $0$  und  $-0,5$  V liegt. Eine Spannung dieser Größe nennt man  $O$ -Signal. Sperrt der Transistor, dann erscheint am Ausgang  $A0$  je nach Belastung des Ausgangs mit nachfolgenden Oder-Gattern eine zwischen  $-24$  V und  $-9$  V wechselnde Spannung. Bei weiterer Oder-Gatterbelastung sinkt die Ausgangsspannung noch weiter ab, doch ist dann die Aus-

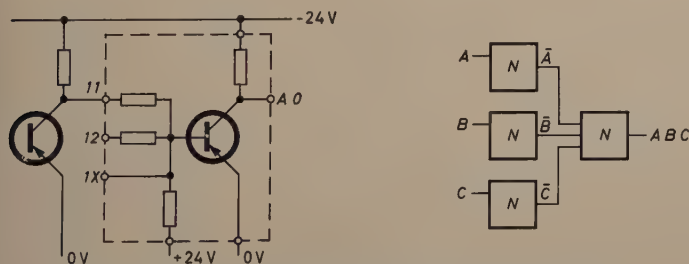


Bild 3 (links). Nicht-Bauteil mit drei Eingängen. Bild 4 (rechts). Darstellung der Bedingung  $A \times B \times C$  durch Nicht-Bauteile

<sup>1)</sup> Die Spannungen sind auf  $0$  V bezogen. Man bezeichnet hier Spannungen  $< -9$  V als  $L$ -Signal, solche  $> -0,5$  V als  $O$ -Signal.

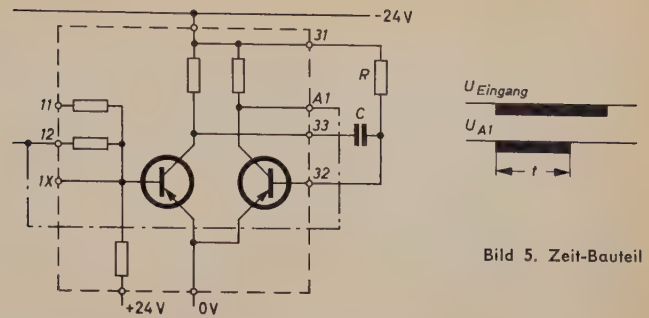


Bild 5. Zeit-Bauteil

steuerung nachfolgender Bauteile nicht mehr gewährleistet. Die Spannung  $-9$  V  $> U_L$   $> -24$  V ist das  $L$ -Signal.

### 5.3 Zeit-Bauteil

Das Zeit-Bauteil ist eine monostabile Kippschaltung nach Bild 5. Im Ruhezustand ist der rechte Transistor leitend, der linke gesperrt. Bei Signal auf einem der Eingänge  $11...1X$  wird der linke Transistor leitend und der rechte wegen der kapazitiven Kopplung gesperrt, bis die Basis des rechten Transistors infolge Aufladung des Kondensators  $C$  über  $R$  wieder negativ und der rechte Transistor leitend wird. Die Zeitdauer  $t$  des Ausgangssignals wird durch  $R$  und  $C$  bestimmt, das Signal erlischt vorzeitig, wenn das Eingangssignal verschwindet. Mit Hilfe einer Rückkopplung von  $A1$  auf den Eingang (strichpunktuierte Linie) wird die Signaldauer unabhängig von der Eingangssignaldauer.

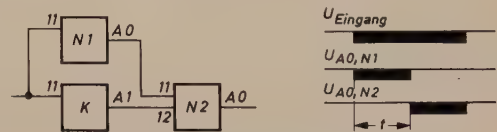


Bild 6. Verzögerungseinheit, bestehend aus einem Zeit-Bauteil und zwei Nicht-Bauteilen

Durch Kombination von zwei Nicht-Bauteilen mit dem Zeit-Bauteil (Bild 6) ergibt sich eine Verzögerungseinheit, die erst nach Ablauf der Zeit  $t$  ein Signal abgibt.

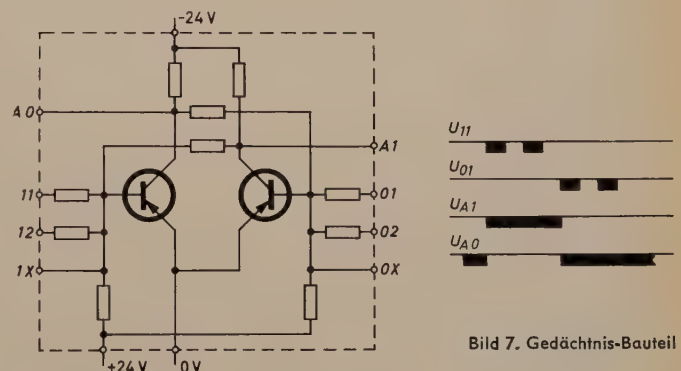


Bild 7. Gedächtnis-Bauteil

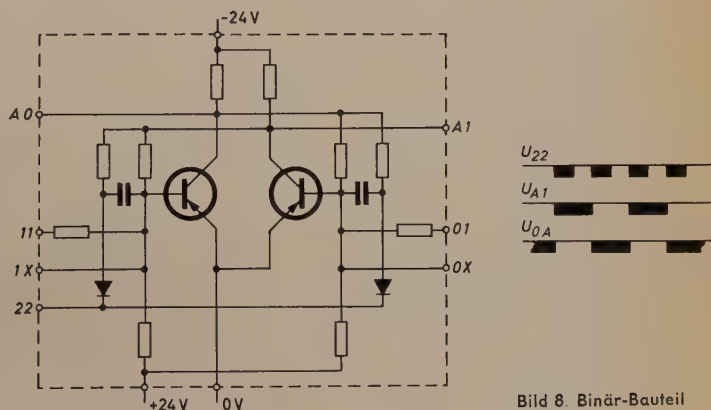


Bild 8. Binär-Bauteil

#### 5.4 Gedächtnis

Durch Rückkopplung zweier Nicht-Bauteile entsteht das Gedächtnis-Bauteil (Bild 7), ein bistabiles Bauteil mit zwei zueinander komplementären Ausgängen. Wegen der Rückkopplung sind die beiden Zustände „linker Transistor gesperrt, rechter leitend“ und „linker Transistor leitend, rechter gesperrt“ stabil. Von einem kurzen Impuls auf die Eingänge wird das Bauteil von der einen in die andere Lage gekippt und behält diesen Zustand auch nach Aufhören des Impulses bei. Durch Schaltmittel ist dafür gesorgt, daß bei Einschalten der Netzspannung das Bauteil immer in dieselbe Vorzugslage kippt.

#### 5.5 Binär-Bauteil

Das Binär-Bauteil (Bild 8) ist ebenso wie das Gedächtnis-Bauteil bistabil und kann über die Eingänge 11—1X, 01—0X von der einen Lage in die andere gekippt werden. Er enthält zusätzlich einen Eingang 22, der auf beide Transistoren in der Weise einwirkt, daß das Bauteil bei Signal auf 22 kippt, gleichgültig welchen Zustand es vorher hatte.

Im Unterschied zu anderen bekannten Schaltungen wird hier mit der negativen Flanke des Eingangssignals auf 22 gekippt. Ist zum Beispiel vor Eintreffen des Signals der linke Transistor gesperrt und der rechte leitend, dann laden sich die Basiskondensatoren auf 0 V (links) beziehungsweise etwa  $-20$  V (rechts) auf. Das negative Signal auf 22 kann nur über die linke Diode auf die Basis des linken Transistors gelangen und macht diesen leitend, die rechte Diode ist wegen der vorhergehenden Kondensatoraufladung für das Signal gesperrt. Infolge der internen Rückkopplung sperrt der rechte Transistor, so daß das ganze Bauteil nun in die komplementäre Lage kippt. Der nächste Impuls macht den rechten Transistor leitend, so daß der ursprüngliche Zustand wiederkehrt.

Wegen dieser Eigenschaft wirkt das Binär-Bauteil als Frequenzuntersetzer für die Eingangsimpulse mit dem festen Teilverhältnis 1 : 2. Mit zwei Binär-Bauteilen erhält man dann eine Teilung 1 : 4, mit drei Bauteilen entsprechend 1 : 8. Mit den zwei möglichen Zuständen 0 und 1 lassen sich Zahlen im binären Zahlensystem darstellen, durch die Frequenzteilung wird mit den Binär-Bauteilen gleichzeitig im binären Zahlensystem gezählt.

Im allgemeinen ist aber ein reines Binärsystem unpraktisch, da bei der Eingabe dezimal vorgegebener Ziffern und der Anzeige des Zählerstandes in dezimaler Form bei langen Binärzählketten große Schwierigkeiten entstehen. Man benutzt deshalb dezimal codierte Binärsysteme, zum Beispiel den Aiken- oder 3-Exzess-Code, bei denen aus den durch vier Bauteile gegebenen 16 Kombinationsmöglichkeiten 10 ausgewählt und den Zahlen 0...9 zugeordnet werden. Solche vor- und rückwärtszählenden dezimal codierten Binärschaltungen lassen sich aus Binär- und Nicht-Bauteilen aufbauen; diese wurden bereits in den verschiedensten „Simatic“-Steuerungen eingesetzt.

Damit sind die wesentlichsten Bauteile der kontaktlosen Steuerung „Simatic“-\* aufgezählt, mit denen sich die logischen Verknüpfungen und Zählaufgaben lösen lassen. Die „Simatic“-\* Steuerbausteine enthalten an Steuerungsbauteilen ferner einen Oszillator für die Frequenzen von 1 Hz...10 kHz und Zusätze für die Erweiterung der



Bild 10. Steuerungseinrichtung für eine Wickelmaschine

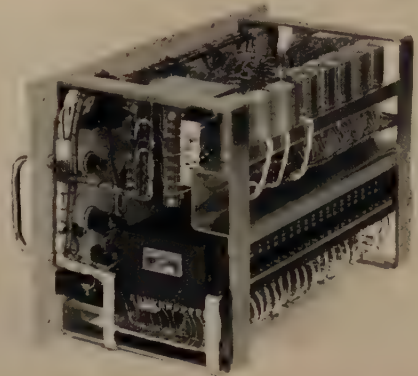


Bild 11. Innenansicht der Steuerungseinrichtung für eine Wickelmaschine

Binärstufen zu Schieberegistern. Die ebenfalls vorhandenen Eingangs- und Ausgangsbauteile, die in diesem Rahmen nicht besprochen wurden, sind im Schrifttum [2] behandelt.

#### 6. Beispiel einer ausgeführten Steuerung

Es wurde eine Wickelmaschinensteuerung für folgende Aufgabe aufgebaut: Ein Wickelantrieb soll insgesamt  $x$  Umdrehungen machen. Nach  $x_0 < x$  Umdrehungen wird der Wickelmotor abgebremst und nach  $x$  Umdrehungen stillgesetzt. Eingabe und Anzeige der Zahlen  $x_0$  und  $x$  erfolgt dezimal. Die Zahlen  $x$  und  $x_0$  sollen zwischen 0 und 999 einstellbar sein. Die Lösung zeigt die Anordnung im Bild 9. Eine Photozelle gibt je Umdrehung einen Zählimpuls auf das Zählwerk, das vor Zählbeginn durch die Taste „Nullsetzen“ auf Null gestellt wurde. Nach Erreichen der eingestellten Anzahl Umdrehungen  $x_0 < x$  wird der Motor abgebremst und läuft mit kleinerer Geschwindigkeit weiter. Beim Erreichen der Zahl  $x$  wird er dann abgeschaltet. Den Zählerstand zeigen Ziffern Lampen in dezimaler Form an. Nach Beendigung des Aufwickelvorganges wird das Zählwerk erneut auf Null gebracht, gleichzeitig werden die Arbeitskontakte für Motorbremsung und Motorstillsetzung geöffnet. Die Bilder 10 und 11 zeigen den Außen- und Innenaufbau der Steuerungseinrichtung. An den sechs Stufenschaltern sind die Zahlen  $x_0$  und  $x$  einstellbar. Der Vielfachstecker dient zum Anschluß der Zählwerksanzeige mit Lampen. Die Lampen neben der Beschriftung  $x$  und  $< x$  zeigen das Erreichen der Zahlen  $x$  und  $x_0$  an. Das Geräteinnere zeichnet sich durch geschlossenen Aufbau und Übersichtlichkeit aus, jeder Punkt der Schaltung ist für die Messung leicht zugänglich.

#### Schrifttum

- [1] Zenneck, H., u. Tschermak, M.: Das Simatic-System, ein neuentwickeltes kontaktloses Steuerungssystem. Siemens-Z. Bd. 33 (1959) S. 593—598
- [2] Weitbrecht, W., u. Sinn, G.: Aufbau des Simatic-Systems. Siemens-Z. Bd. 33 (1959) S. 598—606
- [3] Gossiau, K., u. Braun, K.: Schaltkreise mit Transistoren in nachrichtenverarbeitenden Anlagen. Elektron. Rechenanl. Bd. 1 (1959) S. 120—128
- [4] Burchard, H., u. Hoffmann, G.: Beitrag zur Klassifizierung technischer Geräte. Elektr. Z.-A Bd. 79 (1958) S. 315—321
- [5] Hruschka, U., u. Krimmling, H. J.: Konstruktive Gestaltung und fertigungstechnische Probleme des Simatic-Systems. Siemens-Z. Bd. 33 (1959) S. 612 bis 617

(eingegangen am 28. Oktober 1960)

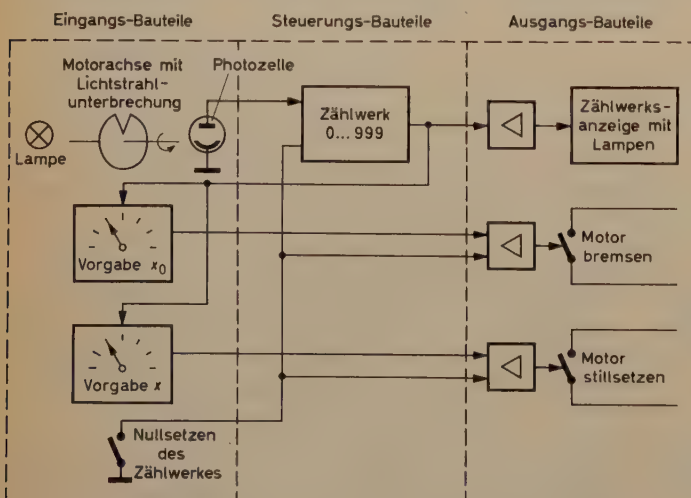


Bild 9. Blockbild der Steuerungsschaltung für eine Wickelmaschine

# Spezielle piezomagnetische Ferrite und ihre Anwendung in Bandfiltern und Hochleistungs-Ultraschallgeräten

DK 534.232-8:621.318.134

Die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten piezomagnetischer Ferritwerkstoffe liegen auf dem Gebiet der Navigation (Echolotung und Ortung von Fischschwärmen), der Medizin, der mechanischen Bandfilter, der Ultraschallbohrer und vor allem auf dem Gebiet der Ultraschallreiniger. Piezomagnetische Ferrite haben gegenüber den bisher üblichen Nickel-Schichtkörpern einen höheren elektroakustischen Wirkungsgrad und können im Unterwasserbetrieb ohne übermäßige Erosion verwendet werden. Die Eigenschaften und charakteristischen Daten der verschiedenen piezomagnetischen Werkstoffe werden diskutiert und zwei Anwendungen (Bandfilter und Ultraschallreiniger) ausführlich beschrieben.

## 1. Überblick über die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten piezomagnetischer Ferrite

Die Anwendung nichtleitender keramischer Ferritwerkstoffe hat seit 1946 nicht nur in der Nachrichten-, Rundfunk- und Fernsehtechnik einen großen Aufschwung genommen, sondern auch auf dem Gebiet neuartiger Mikrowellen-Einwegleiter und Speichersysteme. Bei der Entwicklung dieser Ferrite wurde die Magnetostriktion absichtlich kleingehalten, während sie groß sein muß, wenn der Ferrit als mechanisches Bandfilter oder Ultraschallwandler verwendet werden soll. Erst in den letzten Jahren wurden aus dem Nickelferrit, der eine hohe Magnetostriktion hat, durch Beimischung von Kupfer- und (oder) Kobaltferrit mehrere handelsübliche Ferrite entwickelt, die sich als stabile und wirkungsvolle Filterübertrager und Hochleistungs-Ultraschallwandler bewährt haben.

Zunächst sollen die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten in elektroakustischen Übertragungssystemen und in elektrischen und mechanischen Bandfiltern zusammenfassend erörtert werden. Senkrecht- und Waagrecht-Echolotung (Sonar, Asdic), die sich vor Ende des zweiten Weltkrieges auf navigatorische und militärische Zwecke beschränkten, werden jetzt mit Erfolg in großem Maße zur Ortung von Fischschwärmen und Wale eingesetzt. Auch industrielle und medizinische Anwendungsbereiche erfordern Anlagen mit großer Amplitude, wie beispielsweise Ultraschall-Schweißapparate und -Lötgeräte sowie Ultraschallbohrer (ausgeführt als industrielle Stativbohrmaschinen und zahnärztliche Handbohrer). Der wichtigste Anwendungsbereich ist jedoch der der Ultraschall-Oberflächenreiniger, der eine Reihe von Anlagen zur Reinigung und Entfettung von bearbeiteten Metall-, Keramik- oder Glasteilen, Juwelen, Uhren, Kugellagern und chirurgischen Instrumenten umfaßt. Die meisten Ultraschall-Oberflächenreiniger nutzen die örtlichen Hochdruckeffekte von Zehntausenden schwingender oder implodierender Hohlräume aus (Kavitation), die besonders bei Frequenzen unter 50 kHz erzeugt werden.

Bis vor kurzem bestanden piezomagnetische Schwinger im allgemeinen aus metallischen Schichtkörpern, zum Beispiel aus oxydüberzogenen Nickellamellen. Die massiven keramischen Schwinger aus dem neuen piezomagnetischen Ferrit haben jedoch einen viel höheren elektroakustischen Wirkungsgrad. Bei einer geeigneten Isolation der Wicklung (oder bei genügend niedriger Windungszahl sogar ohne jede Isolierung) kann der komplette Ferritschwinger unmittelbar in die meisten der nichtleitenden und leitenden Reinigungsflüssigkeiten und -lösungen eingetaucht werden, nicht aber in starke Säuren. Dank ihrer außergewöhnlich niedrigen Porosität können die Ferritwerkstoffe hierbei über längere Perioden eine ausnutzbare Kavitation erzeugen, ohne durch Kavitationserosion an der Strahlungsfläche übermäßig angegriffen zu werden. Andererseits ist der hohe elektroakustische Wirkungsgrad von Ferritschwingern besser ausnutzbar, wenn die Übertrager und ihre Windungen gegenüber der bestrahlten Flüssigkeit isoliert werden, das heißt, wenn die Außenseite des Reinigungsflüssigkeitsbehälters auf die strahlenden keramischen Flächen aufgeklebt wird. Ferritschwinger sind zwar weniger robust, jedoch billiger als Nickellamellen-Schichtkörper. Außerdem gestatten sie die Verwendung kleinerer elektronischer HF-Generatoren, da mindestens

doppelt so viel HF-Energie in akustische Nutzleistung umgesetzt wird. Piezomagnetische Ferrite, wie „Ferroxcube 7 A“ und „Ferroxcube 7 B“, behalten eine hohe piezomagnetische Aktivität bis zu Temperaturen von 500°C und sind in dieser Hinsicht dem Nickel und allen piezoelektrischen Stoffen überlegen.

Bei der Umwandlung von akustischen Wellen in elektrische Signale (Unterwasserempfänger) und in anderen Ultraschall-Anwendungsbereichen mit niedrigen akustischen Intensitäten sind bisweilen Übertrager aus „Ferroxcube 7 B“ denen aus „Ferroxcube 7 A“ vorzuziehen, da erstere für den Betrieb bei remanenter Polarisierung über lange Perioden besser geeignet sind. Wo immer es praktisch durchführbar ist, sind jedoch bei Strahlern wie auch bei Empfängern zusammengesetzte Ferritschwinger mit dünnen Polarisationsplatten eines keramischen permanentmagnetischen Werkstoffes anzuwenden, da diese eine stabile Arbeitsweise bei optimaler Vormagnetisierung gewährleisten. „Ferroxcube 7 B“ war ursprünglich für die Verwendung in elektromechanischen Schwingkreisen von elektrischen Bandfiltern vorgesehen, bei denen temperaturunabhängige mechanische Resonanzfrequenzen und sehr hohe mechanische Gütefaktoren erforderlich sind. Hinsichtlich der mechanischen Bandfilter mit piezomagnetischen Einkopplungs- und Auskopplungskreisen kann das Material für die winzigen Abschlußschwinger gemäß der entsprechenden Bandbreite und der gewünschten Stabilität gewählt werden, da beim Übergang von „Ferroxcube 7 A“ auf „Ferroxcube 7 B“ die maximale Bandbreite abnimmt und die Stabilität sowie der mechanische Gütefaktor zunehmen.

## 2. Die Kriterien der Materialien für piezomagnetische Übertrager

Eine der wichtigsten Größen zur Charakterisierung des piezomagnetischen Materials ist der Sättigungswert der Magnetostriktion, im folgenden Sättigungsmagnetostriktion  $\epsilon_{\text{sat}}$  genannt. Ein zu hoher absoluter Wert dieser Größe wird bisher im allgemeinen wegen der damit verbundenen starken Verringerung der Permeabilität als ungünstig betrachtet, jedoch ist für hohe und mittlere Intensitäten

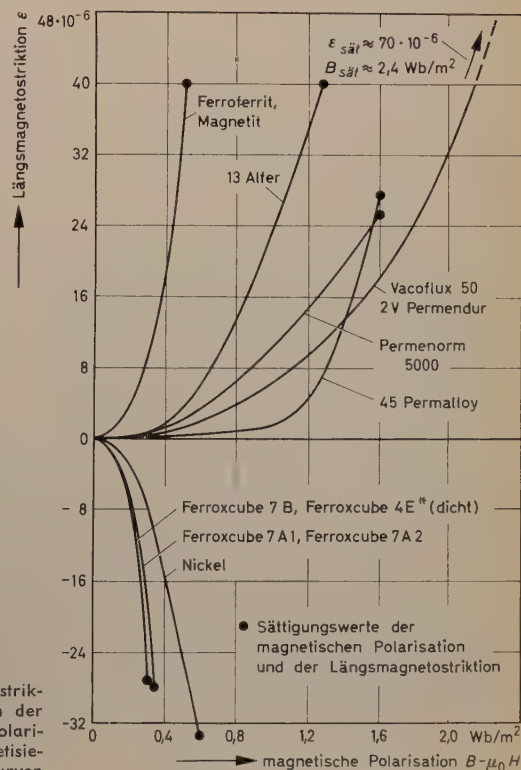


Bild 1. Magnetostriktion als Funktion der magnetischen Polarisierung (Vormagnetisierung); Neukurven

bei Zimmertemperatur  $|\varepsilon_{\text{sat}}| \geq 20 \cdot 10^{-6}$  erforderlich. Der Curie-Punkt sollte hinsichtlich der verschiedenen Anwendungsbereiche bei hohen Temperaturen möglichst hoch liegen.

Bild 1 zeigt Kurven für die Magnetostraktion in Abhängigkeit von der Polarisation (Vormagnetisierung) für verschiedene Schallwandlermaterialien. Wirksame metallische Schwingern können nur in der Form von Schichtkörpern mit äußerst feiner Lamellierung realisiert werden, wobei Wirbelstrom- und Reibungsverluste zwischen den benachbarten Lamellen niedrige Werte sowohl des magnetischen Gütefaktors  $Q_\mu$  als auch des mechanischen Gütefaktors des „freien“ Schallwandlers  $Q_V$  bewirken (der Index  $V$  bedeutet, daß sich der angegebene Wert auf einen kompletten Schallwandler bezieht, dessen Strahlungsfläche in Luft oder Vakuum frei schwingt). Massive Ferritschwingerkerne haben dagegen hohe Werte für  $Q_\mu$  und  $Q_V$ , obwohl die Wicklung und die Lagerung mechanisch dämpfend wirken. Folglich sind Ferritschwinger im allgemeinen durch einen sehr viel höheren elektroakustischen Wirkungsgrad gekennzeichnet, wie Bild 2 zeigt.

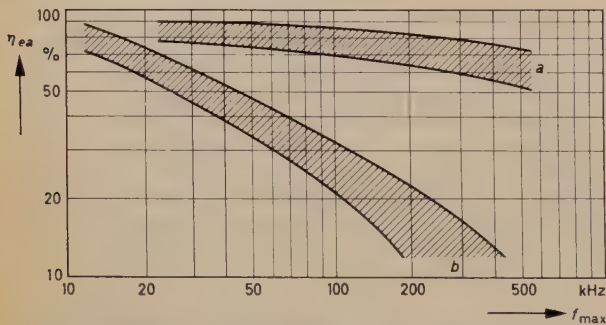


Bild 2. Abhängigkeit des elektroakustischen Wirkungsgrades  $\eta_{ea}$  massiver Ferritschwinger (a) und lamellierter Nickelschwinger (b) von der charakteristischen Frequenz  $f_{\text{max}}$ , bei der der höchste Wirkungsgrad erreichbar ist

Der Maximalwert des elektroakustischen Wirkungsgrades, der bei einem optimalen Entwurf und unter optimalen Verhältnissen möglich ist, wird gewöhnlich als der potentielle Wirkungsgrad  $\eta_{ea \text{ pot}}$  bezeichnet und kann in einer einfachen, nur drei Konstanten des frei schwingenden Schallwandlers enthaltenden Näherungsformel ausgedrückt werden

$$\eta_{ea \text{ pot}} \approx 1 - \frac{2}{k' \sqrt{Q_\mu Q_V}}$$

$k'$  ist der Realteil des piezomagnetischen oder elektromechanischen Kopplungskoeffizienten. Ein hoher Wert für  $k'$  bedeutet außer einem hohen elektroakustischen Wirkungsgrad auch eine große Bandbreite abgestimmter Unterwassergeräte und (elektro)mechanischer Bandfilter.  $k'^2$  ist ein Maß für die Teilumwandlung gespeicherter magnetischer Energie in gespeicherte elastische Energie (oder umgekehrt) bei Frequenzen weit unterhalb der mechanischen Resonanzfrequenz. Beim entmagnetisierten ebenso wie beim magnetisch gesättigten Werkstoff ist  $k' = 0$  und zeigt einen Höchstwert  $k'_{\text{opt}}$  bei der Induktion  $B_{\text{opt}} \approx 0,7 B_{\text{sat}}$  (Sättigungsinduktion). Der Zusammenhang zwischen  $k'_{\text{opt}}$  und den Anisotropieenergien des keramischen ferromagnetischen Werkstoffes ist folgender:

$$k'_{\text{opt}}^2 \approx \varepsilon_{\text{sat}}^2 E_s / \Sigma (\text{Anisotropieenergien})$$

$$\approx \frac{\varepsilon_{\text{sat}}^2 E_s}{\left[ \begin{array}{c} \text{Kristall-} \\ \text{anisotropie} \\ |K_1| \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{innere} \\ \text{Spannungs-} \\ \text{anisotropie} \\ |\sigma_i \varepsilon_{\text{sat}}| \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{innere Formani-} \\ \text{sotropie nicht-} \\ \text{sphärischer} \\ \text{Poren} \end{array} \right]}$$

worin  $E_s$  der Elastizitätsmodul des gesättigten Stoffes und  $\sigma_i$  die mittlere innere Spannung ist.

Durch entsprechende Herstellungstechnik können die inneren Spannungen und die Porosität verringert und gleichzeitig nichtsphärische Poren in großem Ausmaße vermieden werden, so daß Spannungsanisotropie und innere Formanisotropie klein sind. Die magneto-kristalline Anisotropie hingegen richtet sich nicht nach dem technologischen Verfahren, sondern nach der chemischen Zusammensetzung. Nickel-Kupferferrite und Nickel-Zinkferrite haben eine negative

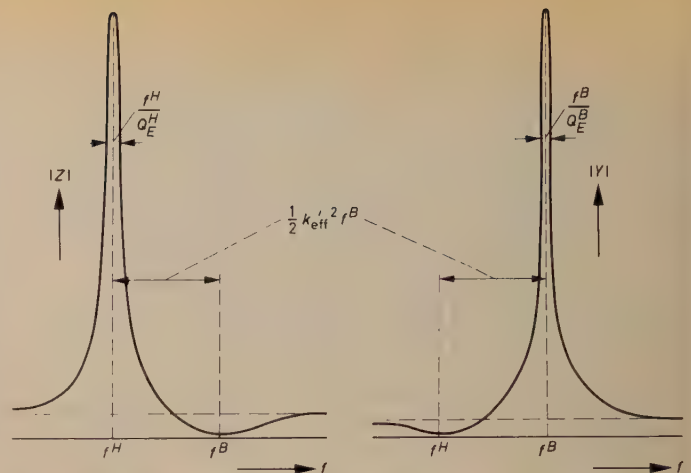


Bild 3. Schematische Darstellung der Frequenzabhängigkeit der absoluten Impedanz- und Admittanzwerte von akustisch unbelasteten piezomagnetischen Schwingern

Kristallanisotropiekonstante  $K_1$ , Kobaltferrite jedoch eine sehr hohe positive. Folglich kann ein Nickel-Kupfer- oder Nickel-Zinkferrit mit einem geringfügigen Kobaltferrit-Zusatz einen Nulldurchgangspunkt in der  $K_1(T)$ -Kurve in der Nähe der Zimmertemperatur oder jeder anderen gewünschten Temperatur zeigen, während bei der gleichen Temperatur mehr oder weniger breite Maxima in den Kurven für  $k'_{\text{opt}}(T)$ ,  $1/f^H(T)$ ,  $1/f^B(T)$  und  $\mu'_{\text{opt}}(T)$  beobachtet werden.

$\mu'_{\text{opt}}$  ist der Realteil der reversiblen Permeabilität bei optimaler Vormagnetisierung, während  $f^H$  und  $f^B$  die Frequenzen freier Schwingungen eines vormagnetisierten Kernes mit offener Wicklung (Intensität des Wechselfeldes  $H = 0$ ) und mit kurzgeschlossener Wicklung (Wechselinduktion  $B = 0$ ) darstellen. Die Frequenz  $f^B$  ist identisch mit der charakteristischen Frequenz  $f_{\text{max}}$ , die bei Leistungsabstrahlung dann zum höchsten Wirkungsgrad führt. Gleichzeitig sind  $f^H$  und  $f^B$  auch die Frequenzen, bei denen die elektrische Impedanz des freien Übertragers einen Maximal- und Minimalwert hat, wie Bild 3 schematisch zeigt. Ihr relativer Abstand ist  $1/2 k'^2$  bei radial schwingenden Ringen und  $1/2 k'_{\text{eff}}^2$  bei anderen Schwingerformen.

Dabei ist  $k'_{\text{eff}}$  der „effektive“ piezomagnetische Kopplungskoeffizient, der bei ungleichmäßig schwingenden Resonatoren, wie zum Beispiel Halbwellschwingern, auftritt. Das Verhältnis  $k'_{\text{eff}}/k'$  ist etwa 0,9...0,95.

Wie bereits angedeutet, wird durch die chemische Zusammensetzung eines der neuentwickelten Ferrite („Ferroxcube 7 A 1“) ein breites Maximum der  $k'(T)$ -Kurve im Zimmertemperaturbereich (Arbeitsbereich der Unterwasserschwinger) erreicht. Das führt unvermeidlich zu zwei grundlegenden Folgen für die Stabilität der Ultraschallgeräte bei Zimmertemperatur. Die erste ist ein Minimum der  $f_{\text{max}}(T)$ -Kurve und die zweite die höhere Temperaturabhängigkeit von  $\mu'_{\text{opt}}$ . Diese ungünstigen Wirkungen sind in einigen handelsüblichen Nickellegierungen und Nickelferriten mit Kobaltbeimischungen noch ausgeprägter, die äußerst steile Maxima der  $k'(T)$ -Kurven in Nähe der Zimmertemperatur haben. Eine starke Temperaturabhängigkeit von  $f_{\text{max}}$  und  $\mu'_{\text{opt}}$  führt leicht zu einer Fehlanpassung zwischen Übertrager und HF-Generator. Auch wenn die Verschiebung von  $f_{\text{max}}$  nur einen vernachlässigbaren Rückgang des elektroakustischen Wirkungsgrades verursacht, kann die Impedanzveränderung dennoch einen erheblichen Rückgang der HF-Eingangsleistung und der akustischen Ausgangsleistung bewirken. Daher wurde für diejenigen Anwendungsbereiche, in denen die Temperatur nicht geregelt ist und sich innerhalb weiter Grenzen verschieben kann (moderne Reiniger mit hohem Wirkungsgrad, deren Übertrager frei in Luft schwingen), eine weitere Abart des Nickel-Kupfer-Kobaltferrits („Ferroxcube 7 A 2“) entwickelt. Die Temperaturabhängigkeit ist bei diesem Ferrit niedrig; gleichzeitig ist jedoch auch der piezomagnetische Kopplungskoeffizient im Zimmertemperaturbereich etwas niedriger als bei „Ferroxcube 7 A 1“.

### 3. Ferritübertrager in mechanischen und elektrischen Bandfiltern

Die zulässige Temperaturabhängigkeit der mechanischen Resonanzfrequenzen  $f^H$  und  $f^B$  (hier sind  $f^H$  und  $f^B$  die Frequenzen, bei denen die elektrische Impedanz des freien Übertragers einen Maximal- und Minimalwert zeigt, Bild 3) von piezomagnetischen Kernen in Bandfiltern muß viel kleiner als bei Leistungsübertragern sein. Dennoch

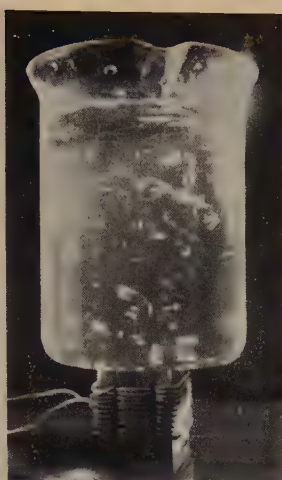
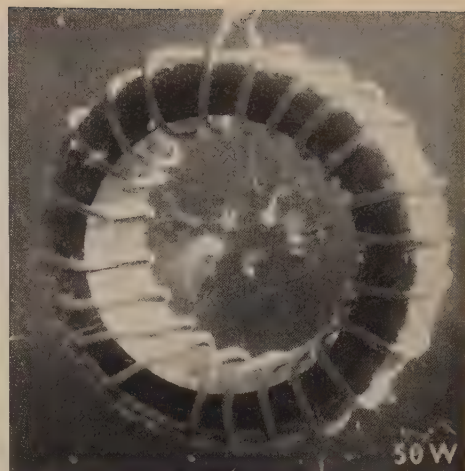


Bild 4 (links). Kavitationserscheinungen (Bläschenbildung) in Wasser oberhalb eines eingetauchten Wandlers mit  $4 \cdot 40 \text{ W}$  bei  $25 \text{ kHz}$  (links) und eines angeklebten Wandlers (rechts, 2-Liter-Becher), der bei  $41 \text{ kHz}$   $4 \cdot 20 \text{ W}$  aufnimmt

Bild 5 (rechts). Kavitationserscheinungen in Wasser im Innern eines 21-kHz-Ringschwingers mit  $50 \text{ W}$  Eingangsleistung



haben die Wirkungen des Temperaturkoeffizienten piezomagnetischer Einkopplungs- und Auskopplungsübertrager im Falle von mechanischen Bandfiltern gewöhnlich nur geringfügigen Einfluß auf die mit den Übertragern gekoppelten Endschwinger des Kettenfilters. Meistens ist das mechanische Filter selbst aus isoelastischen „Elinvar“-Legierungen hergestellt und der Effektivwert der Nachgiebigkeit (Kehrwert des Elastizitätsmoduls) der Ferritübertrager klein gegen die Gesamtnachgiebigkeit der isoelastischen Endabschnitte. Dies gilt für alle drei Arten von mechanischen Bandfiltern: Biegefilter, Longitudinal- oder Dehnfilter und Torsionsfilter. Auch beim Torsionsfilter [1], das also im wesentlichen aus Torsionselementen besteht, unterliegen die Endkopplungsdrähte und die stabförmigen Ferritübertrager Longitudinalschwingungen. Aus praktischen Gründen werden Longitudinalschwinger den Torsionsschwängern häufig vorgezogen, obwohl eine Torsionskopplung mit hoher mechanischer Güte ohne weiteres mit Ferritwerkstoffen möglich ist (nicht mit metallischen Werkstoffen).

Werkstoffe für piezomagnetische Filterelemente in elektrischen Bandfiltern [2, 3] sollten nicht nur eine vorzügliche Stabilität der mechanischen und elektrischen Resonanzfrequenzen, sondern auch hohe mechanische und elektrische Gütewerte zeigen. Die mechanische Güte von „Ferroxcube 7 B“ ist um einen Faktor von mehr als 20 höher als die der besten LC-Kreise, die in handelsüblichen Geräten vorkommen. Folglich können in verschiedenen Fällen die teuren Quarzresonatoren mit Erfolg durch die weniger teuren Resonatoren aus „Ferroxcube 7 B“ ersetzt werden.

#### 4. Ferritwandler als wirkungsvolle Leistungsstrahler in Ultraschallreinigern

Es wurde bereits gesagt, daß Ferritwandler als Ultraschallsender oder -empfänger in Echo- und Fischortungsanlagen sowie als Ultraschallschwinger in Reinigern für Labor-, Krankenhaus- und Industriezwecke angewendet werden können. Interessant ist ein kurzer Überblick über die Strahlungssysteme, die in Reinigungsanlagen verwendet werden. Man unterscheidet drei Systeme:

##### 4.1 Eingetauchte Halbwellenschwinger

Der Ultraschallwandler im Bild 4 links ist mit einer kleinen Anzahl von Windungen aus isoliertem oder blankem Kupferdraht versehen und in eine Reinigungsflüssigkeit eingetaucht. Eine der Endflächen wird auf eine Schicht aus Schaumgummi mit geschlossenen Poren aufgesetzt. Dieser Stoff wirkt druckvermindernd und setzt die akustische Strahlung nach unten bis auf etwa Null herab. Ein erheblicher Teil der durch die zweite Endfläche nach oben abgestrahlten akustischen Leistung wirkt jedoch infolge Streuung nicht auf die zu reinigenden Teile oberhalb der Wandler ein. Außerdem ist der elektroakustische Wirkungsgrad wegen des flüssigen Kontaktes zwischen den schwingenden Seitenflächen der Übertrager und der weichen Wicklungsisolation sowie wegen der Strahlungsverluste in den Fenstern der Rahmenschwinger nicht sehr hoch.

##### 4.2 Nicht eingetauchte, aufgeklebte Halbwellenschwinger

Eine Endfläche des rechts im Bild 4 gezeigten Ultraschallwandlers wird mit heißhärtendem Araldit unter den Boden eines Behälters aus

Jenaer Glas oder nichtrostendem Metall mit niedriger thermischer Ausdehnung geklebt. In diesem Falle sind die akustischen Verluste in der Wicklung gewöhnlich sehr klein, da sogar eine sehr fest gewickelte Spule sich auf Grund örtlicher Erosion während der ersten Betriebsminuten oder -stunden lockert. Der hohe potentielle Wirkungsgrad der Ferritschwinger wird hierbei annähernd voll ausgenutzt und außerdem die gesamte akustische Energie in einem kleinen Nutzvolumen von Flüssigkeit oberhalb der Schwinger konzentriert.

##### 4.3 Eingetauchte, radial schwingende Ringe

Hierbei handelt es sich um ein Fokussiersystem (Bild 5), da die äußere zylindrische Fläche des ringförmigen oder röhrenförmigen Wandlers mit einer Schicht aus Schaumgummi mit geschlossenen Poren bedeckt ist. Durch die Wahl von blankem Kupferdraht und die Verwendung lediglich einer kleinen Windungszahl werden die akustischen Verluste in der Wicklung, die zum Teil in das Strahlungsfeld hineinragt, auf ein Minimum reduziert. Aber auch eine kleine Anzahl von Windungen isolierten Drahtes führt noch zu hervorragenden Kavitationserscheinungen im Innern des Ringes.

Die Reinigung wird teilweise durch radiale Schwingungen zahlreicher kleiner Gas- und Dampfbläschen (Hohlräume) und teilweise durch den Zusammenbruch oder die Implosion schwingender Bläschen, die eine bestimmte kritische Größe überschreiten, bewirkt. Örtliche Drücke in der Nähe zusammenschlagender Hohlräume können bis zu  $10^4$  at betragen, so daß das Auftreten von Kavitation (Bläschenwolken, Kavitationserscheinen) auf jeder vorhandenen Fläche Erosionserscheinungen zur Folge hat. Wird eine Fläche dieser Behandlung wenige Sekunden lang ausgesetzt, dann erfolgt eine schnelle Reinigung dieser Fläche.

Bei nichtfokussierenden eingetauchten Schwingern wird jedoch die strahlende Ferritfläche nach einer längeren Betriebsperiode in gewissem Umfange angegriffen (Bild 6). Eine auf den Ferritwandler

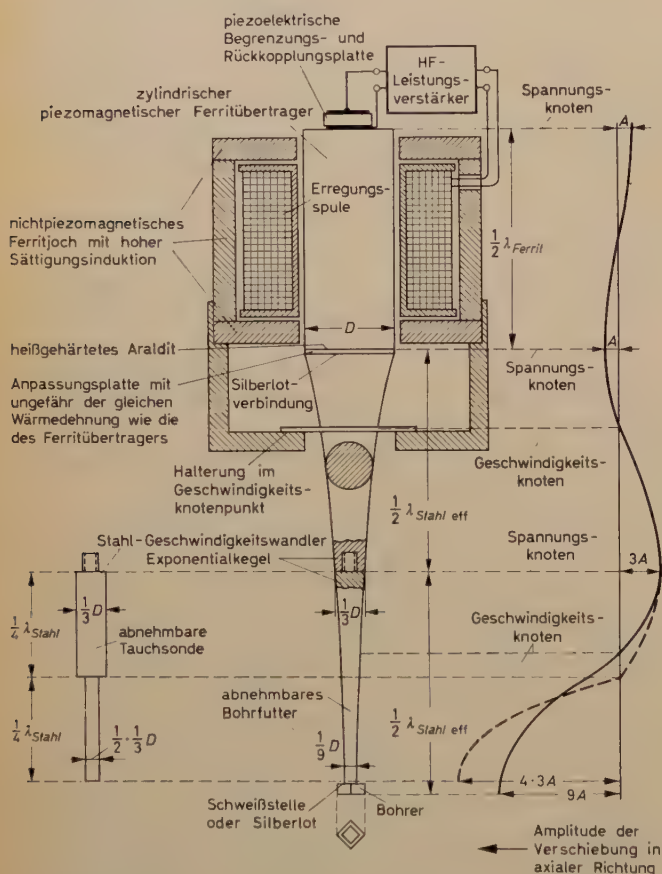
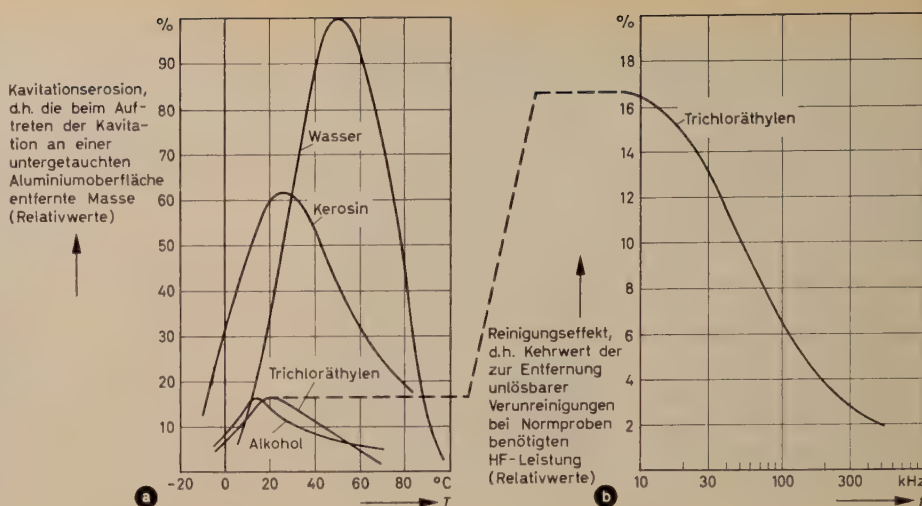


Bild 6. Kavitationsfraß an eingetauchten Strahlungsflächen nach einem 1000-Stunden-Versuch bei der industriell zulässigen Leistung; Wassertemperatur  $40^\circ \text{C}$

aufgeklebte Strahlungsplatte aus Hartglas zeigt nach tausendstündigem Betrieb etwa denselben Kavitationsfraß wie Ferritstrahlflächen. Allerdings hängt die Anfangsgeschwindigkeit des Erosionsvorganges wesentlich von Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche (Poren) ab. Deshalb werden bei Unterwassersendern Ferrite mit niedriger Porosität bevorzugt, obwohl nach einer gewissen Zeit auch glatte Flächen, wie diejenigen von Glas- oder polierten Metallbechern, an-

Bild 7 (rechts). a) Kavitationserosion als Funktion der Temperatur bei 8 kHz, b) Reinigungseffekt als Funktion der Frequenz bei 20°C

Bild 8 (unten). Schematische Skizze eines zylindrischen Ferritschwingers, gekoppelt an ein Kaskadensystem zweier Halbwellen-Geschwindigkeitswandler



metallisches Fokussierungssystem in Form eines oder zweier Halbwellen-Geschwindigkeitswandler verwendet wird (Bild 8). Diese Anlage wirkt als Ultraschallbohrer für spröde Stoffe, wenn an die Endfläche eines auswechselbaren Geschwindigkeitswandlers ein Bohrer mit beliebigem Querschnitt angebracht und ein geeignetes Schleifmittel verwendet wird. Das System arbeitet als Allzweck-Ultraschallstrahler, wenn das glatte Ende eines weiteren Geschwindigkeitswandlers in eine beliebige Flüssigkeit eingetaucht wird. Derartige Systeme werden für die Reinigung von Drähten und sehr kleinen Teilen, für das Abtöten von Bakterien, als Emulsionsbildner usw. verwendet.

Da die akustische Belastung am Ende eines Geschwindigkeitswandlers vorübergehend Null werden kann und die Verwendung eines keramischen Übertragers ein Resonanzsystem mit hoher Güte ermöglicht, bedingt die Verwendung eines keramischen Wandlers in Bohrern meist eine Begrenzung der Amplitude durch eine mechanische (vorzugsweise piezoelektrische) Vorrichtung, deren elektrisches Ausgangssignal der Schwingungsamplitude proportional ist und den Generator gegenphasig steuert. Dasselbe Signal kann als Rückkopplungssignal für die kontinuierliche automatische Frequenzeinstellung eines selbsterregten Gerätes mit zeitabhängiger Belastung verwendet werden (Bild 8). Es können also, wenn keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich der Begrenzung erforderlich sind, die elektronischen Leistungsverstärker durch derartige piezoelektrische Rückkopplungsplatten nach dem Selbsterregungsprinzip, das heißt gleichphasig, oder durch einen RC- oder LC-Oszillator betrieben werden.

#### Schrifttum

- [1] George, R. W.: Electromechanical filters for 100 Kc carrier and sideband selection. Proc. IRE Bd. 44 (1956) S. 14–18
- [2] Diethelm, C. W.: Ferrite als magnetostruktive Resonatoren und deren Anwendung als Elemente elektrischer Filter. Techn. Mitt. PTT Bd. 29 (1951) S. 281–297
- [3] Thiele, A. P.: Narrow band magnetostruktive filters. Electronic Radio Eng. Bd. 35 (1958) S. 402–411
- [4] Bechuk, A. S.: The problem of cavitation damage to solid bodies. Soviet Phys. Acoustics Bd. 3 (1957) S. 95–96
- [5] Bechuk, A. S.: On the problem of the mechanism of cavitation damage to solid bodies. Soviet Phys. Acoustics Bd. 3 (1957) S. 395–398
- [6] Hightower, F. W.: Cleaning with ultrasonics. Metal Progress Bd. 68 (1955) S. 99–104

Vollständige Schriftumsangaben über piezomagnetische Ferrite sind in folgenden Veröffentlichungen des Verfassers angegeben:

- [7] v. d. Burgt, C. M.: Performance of ceramic ferrite resonators as transducers and filter elements. J. Acoust. Soc. Americ. Bd. 28 (1956) S. 1020–1032
- [8] v. d. Burgt, C. M.: Ferroxcube 7A1 und 7A2, neue piezomagnetische keramische Werkstoffe für Ultraschallschwinger höherer Leistung. — Eine vergleichende Analyse keramischer und metallischer Schwinger. Valvo-Berichte Bd. 5 (1959) Nr. 1, S. 1–33

Für einen umfassenden Überblick über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Ultraschalls im allgemeinen sei auf folgende Veröffentlichungen verwiesen:

- [9] ● Bergmann, L.: Der Ultraschall. Stuttgart 1954 und Nachtrag 1957, Hirzel
- [10] ● Matuschek, J.: Einführung in die Ultraschalltechnik. Berlin 1957, Verlag Technik

(eingegangen am 6. November 1960)

gegriffen werden. Die Strahlungsfläche muß daher nach längeren, regelmäßigen Zeitabständen glattgeschliffen werden, wenn der hohe Anfangswert des Reinigungseffektes aufrechterhalten werden soll.

Die Erosionswirkung von Ultraschall ist ein wirksames und zuverlässiges Maß für den Reinigungseffekt. Das gilt ganz besonders für unlösliche Verunreinigungen in Wasser oder einer wäßrigen Alkalilösung, jedoch auch für lösliche Verunreinigungen (Fett usw.) [4], die in vielen Fällen in anderen Reinigungslösungen besser entfernt werden können. Auf alle Fälle sind Frequenzen unterhalb 50 kHz vorzuziehen, wie Bild 7 zeigt [5]. Es muß jedoch ein Kompromiß zwischen der Forderung nach hohem Reinigungsgrad und möglichst geringfügiger Belastung des Personals gefunden werden, da sowohl die Kavitations-Nutzintensität als auch der lästige Kavitationslärm mit steigender Frequenz abnehmen.

Eine gründliche Entfernung selbst stark adhäsiver Verunreinigungen und Oxyde bei erheblicher Verringerung des Kavitationslärms kann bei einem geringen Flüssigkeitsvolumen erreicht werden, wenn ein

# Frigistoren – Thermopaare aus Halbleitermaterial zur Verwendung als Kühlelemente und Wärmepumpen

DK 537.322.1:621.315.592

Neueste Forschungen auf dem Halbleitergebiet haben zur Entwicklung von Wismut-Tellurverbindungen geführt, deren Peltier-Effekt so groß ist, daß der Wirkungsgrad daraus aufgebauter Kühlelemente mit dem herkömmlicher Kühlaggregate in vielen Fällen vergleichbar ist. Die geringen Abmessungen der sogenannten Frigistoren ermöglichen die Anwendung auch in solchen Fällen, bei denen der Einsatz bisher bekannter Kühlmethoden aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist.

Im Jahre 1834 beschrieb Peltier den nach ihm benannten Effekt: Fließt durch die Verbindungsstelle zweier verschiedener Metalle ein Strom, so tritt je nach Stromrichtung eine Erwärmung oder Abkühlung der Verbindungsstelle ein. Einige Jahre zuvor hatte Seebeck den umgekehrten Effekt entdeckt: In einem geschlossenen Kreis aus zwei verschiedenen Metallen wird ein Strom erzeugt, wenn zwischen den beiden Verbindungsstellen eine Temperaturdifferenz vorhanden ist. Keiner der beiden Forscher erklärte die Ergebnisse seiner Arbeit richtig. Später leitete Thomson mit Hilfe thermodynamischer Analysis einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Vorgängen ab. Altenkirch war der erste, der 1910 eine grundsätzlich richtige Theorie dieser Thermoeffekte aufstellte. Er zeigte, daß zur Erzielung bester Thermoeffekte folgende Forderungen an die beiden Metalle zu stellen sind:

1. Ihre Thermokraft  $\alpha$  muß hoch sein.
2. Ihre spezifische elektrische Leitfähigkeit  $\sigma$  muß hoch sein, damit die Joulesche Wärme möglichst gering bleibt.
3. Ihre spezifische Wärmeleitfähigkeit  $\kappa$  soll klein sein, damit der Wärmeübergang von der heißen zur kalten Verbindungsstelle möglichst klein ist.

Die Güte eines thermoelektrischen Materials definiert man als

$$Z = \alpha^2 \cdot \sigma / \kappa$$

Für ein Thermopaar aus  $p$ - und  $n$ -leitendem Material ist dann

$$\alpha_{pn} = \alpha_p - \alpha_n,$$

so daß sich die besten Thermoeffekte mit einem Thermopaar ergeben, das aus je einem Schenkel mit positivem und negativem  $\alpha$  besteht.

Erst im letzten Jahrzehnt wurden Fortschritte in der Entwicklung von Materialien gemacht, die sich für thermoelektrische Kühlung eignen. Solange man sich nur auf die Verwendung von Metallen konzentrierte, war noch nicht einmal eine unwirtschaftliche Verwertung des Peltier-Effekts möglich. Die maximal mit Metallen erreichbaren Werte für die Güte  $Z$  liegen in der Größenordnung  $0,25 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ . Die jüngsten Fortschritte wurden durch Verwendung von Halbleitern erzielt, vor allem mit weiterentwickelten Wismut-Tellurverbindungen. Mit entsprechend dotiertem  $n$ - und  $p$ -Material ist auf dieser Basis heute ein Faktor  $Z$  in der Größenordnung von  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$  erreichbar. Großen Anteil an dieser Entwicklung hatte Ioffe. Er zeigte, daß sich die Wärmeleitfähigkeit einer Halbleiterverbindung durch Zulegen eines isomorphen Bestandteils herabsetzen läßt. Auf Grund dieser Erkenntnis konnten Verbindungen aus Wismut, Tellur, Antimon, Selen, Schwefel usw. hergestellt werden, die die bemerkenswerten Güte von  $Z > 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$  hatten.

Die Herstellung dieser Stoffe erfolgt entweder mittels Kristallisation und anschließendem Zerkleinern oder mit Hilfe pulvermetallurgischer Verfahren. Die so gewonnenen Bausteine mit positivem und negativem  $\alpha$  (mit Querschnitt von Bruchteilen eines Quadratzentimeters und einigen Millimetern Höhe) werden mit gut leitenden Brücken zu Thermopaaren vereinigt. Es können dann mehrere dieser Thermopaare (Frigistoren) elektrisch in Serie und wärmemäßig parallelgeschaltet werden, damit sie eine Wärm- oder Kühleinheit bilden.

Der Übergangswiderstand zwischen den Brücken und den Schenkeln der Thermopaare muß kleiner als 1% des Widerstandes der Schenkel sein. Hohe Übergangswiderstände machen die Verwendung des besten Ausgangsmaterials zunichte, vor allem dann, wenn sie an der kalten Verbindungsstelle auftreten.

Die geometrische Form der Schenkelquerschnitte beeinträchtigt die Leistung von Frigistoren nicht. Strebt man eine sehr kompakte Bauweise an, so wird man rechteckige Querschnitte wählen. Die Kühlkapazität eines Frigistors ist proportional dem Verhältnis der Gesamtfläche zur Länge der Schenkel, hängt jedoch nicht von der Anzahl der verwendeten Paare ab. Der optimale Strom für ein gegebenes Thermopaar ist proportional dem Verhältnis der Querschnitte zu den Längen der einzelnen Schenkel. Für eine vorgegebene Gesamtschenkelfläche ist deshalb der optimale Strom umgekehrt proportional der Anzahl der in Reihe geschalteten Paare, oder die optimale Spannung ist der Anzahl dieser Paare direkt proportional.

Frigistoren müssen mit Gleichstrom gespeist werden. Entnimmt man den Gleichstrom einem Netzgleichrichter, so sollte die Welligkeit 10% nicht überschreiten. Falls keine hohen Ansprüche an den Frigistor gestellt werden, kann die Glättung des gleichgerichteten Stromes entfallen.

Theoretisch müßte ein einziges Thermopaar mit entsprechenden Abmessungen jede gewünschte Wärmemenge wegpumpen können. Der Speisestrom würde dann jedoch in manchen Fällen die Größenordnung einiger tausend Ampere bei Spannungen von etwa 75 mV erreichen. Deshalb wird man in der Praxis immer mehrere Thermopaare verwenden. Bei der Festlegung der Abmessungen der Paare ist jedoch immer zu berücksichtigen, daß eine Spannung von weniger als 1 V nicht mehr wirtschaftlich zu erzeugen ist und daß die dabei benötigten Ströme einen aufwendigen Gleichrichtersatz mit großen Glättungsdröseln verlangen.

## 1. Ausführungen von Frigistoren

Die Standardausführungen der *Needco*-Frigistoren\*) arbeiten mit Strömen von 1...20 A. Die notwendige Speisespannung richtet sich nach der Anzahl der elektrisch hintereinandergeschalteten Paare; sie liegt zwischen Bruchteilen eines Volt bis zu 12 V und darüber.

Die Anzahl der in einem Frigistor eingebauten Paare wird durch die dem Buchstaben F folgende Zahl angegeben; so bedeutet zum Beispiel „F-1“, daß der Frigistor aus nur einem Thermopaar und „F-8“, daß der Frigistor aus 8 Paaren besteht, die elektrisch in Serie und wärmemäßig parallelgeschaltet sind. Einige Ausführungsbeispiele zeigt Bild 1.

Die Güte  $Z$  der Halbleitermaterialien ist temperaturabhängig. Deshalb benutzt man für Anwendungen bei hohen, mittleren und tiefen Temperaturen verschiedene Halbleiterlegierungen. Normale Frigistoren sind für Temperaturen von  $0...+50^\circ\text{C}$  ausgelegt, sind aber auch außerhalb dieses Bereichs noch betriebsfähig.

Ein auf den Buchstaben F folgendes L bedeutet, daß der Frigistor seine größte Güte bei Temperaturen unter  $0^\circ\text{C}$  erreicht. Umgekehrt sagt der Buchstabe H hinter dem F aus, daß dieses Kühlelement speziell für Arbeitstemperaturen zwischen  $+100^\circ\text{C}$  und  $+160^\circ\text{C}$  bestimmt ist. Normalerweise darf die Temperatur eines Frigistors niemals  $+160^\circ\text{C}$  überschreiten; höhere Temperaturen würden die Elemente beschädigen. Spezielle Frigistoren für Temperaturen bis  $+300^\circ\text{C}$  sind durch den Buchstaben X gekennzeichnet.

Die bisher beschriebenen, serienmäßig gefertigten Frigistoren sind aus  $4 \times 4 \times 4$  mm großen Schenkeln aufgebaut. Es ist jedoch jederzeit möglich, Sonderausführungen für spezielle Anforderungen zu bauen. So lassen sich beispielsweise ohne Beeinträchtigung des Wirkungsgrades auch noch kleinere Elemente herstellen. Ebenso sind

\*) Hersteller: *Needco*, USA; Vertretung für Deutschland: *A. Nege*, Darmstadt

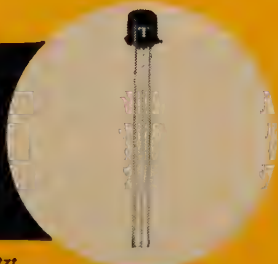
# Nur Transitron bietet heute

**Ein neuer bemerkenswerter Fortschritt...**

## STREU MESA-TRANSISTOREN FÜR ALLE BEREICHE:

**... IN MODERNSTEN AUFMACHUNGSEINHEITEN, HOHE SPANNUNGEN,  
HOHE ABSCHALTFREQUENZEN, NIEDRIGE RCS UND BETA-LINEARITÄT**

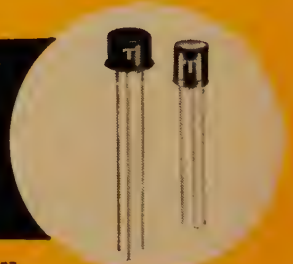
### TRANSISTOREN FÜR KLEINE SIGNALSTRÖME



Für Niederfrequenzgebiet und -Verstärkung. Ersetzt 2N332-2N338 mit höheren Abschaltfrequenzen, niedrigeren Rcs, kleineren TO-18 Einheiten, höheren Spannungen und grösserer Verlässlichkeit.

Bitte Merkblatt TE-1353T/-1, -2, -3 anfordern

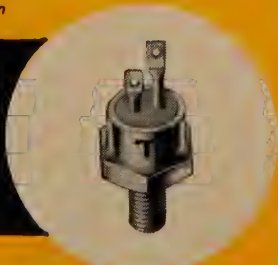
### TRANSISTOREN MITTLERER LEISTUNG



Ersetzen 2N339-2N343, mit besseren Hochfrequenzkennwerten, guter Beta-Linearität, niedrigen Rcs, hoher Spannungsnormung (bis zu 125 V) und höherer Verlustleistung.

Bitte Merkblatt TE-1355J-1 und TE-1355E-2 anfordern

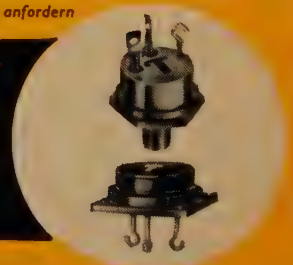
### ZWISCHEN- LEISTUNGS- TRANSISTOREN



Für Leistungsausgangsstufen, Hochleistungs-Transistorantriebe und Servo-Verstärker—ersetzen 2N1047-50 und 2N1483-86—niedrige Rcs, gute Beta-Linearität, Spannungsnormung bis zu 120 V.

Bitte Merkblatt TE-1355S anfordern

### HOCH- LEISTUNGS- TRANSISTOREN



Für gesteuerte Kraftversorgung und Spannungswandlerzwecke—ersetzen 2N1015-16, 2N1487-90—niedrige Rcs (typisch: 0,8 Ohm), höhere Abschaltfrequenzen und niedrigere Streuströme.

Bitte Merkblatt TE-1355R anfordern

Mit diesen neuen Transistoren bietet Transitron bessere Leistungen und ausgezeichnete Kenndaten in allen Normungen von 100 Mikroampere bis zu 5 Ampere. Jeder Transistor arbeitet in einem weiten Bereich und ermöglicht so den Einsatz von weniger Typen und vereinfacht dementsprechend auch die Erzeugung. Alle zeichnen sich durch die robuste Bauart und Verlässlichkeit der Mesa-Silizium-Konstruktion aus und haben hohe Minimalrückschaltspannungen, welche durch die Spezifikation gewährleistet sind.

# die Lösung von morgen:

Tiefenforschung—ein neues Konzept in der angewandten Technik—sorgt dafür, dass Transitron nicht nur an führender Stellung bleibt, sondern stets auch immer einen Schritt vor den Anforderungen der Industrie liegt. Diese Idee gewährleistet einen konstanten Zufluss besserer und leistungsfähigerer Materialien. Dies ermöglicht es wiederum dem europäischen Transitron—Forschungslaboratorium, Schaltungen zu entwerfen, die den speziellen Kunden-Problemen gerecht werden.

Transitron bietet heute das umfassendste Feld hochwertiger Silizium-Bauelemente zusammen mit einem Kundendienst, der prompte und genaue Lieferung in ganz Europa garantiert.

**Alle bekannten Transistoren sind ab Lager lieferbar. Großer Beliebtheit erfreuen sich für Industrie- und militärische Aufgaben u. a. folgende Transitron Silizium NPN Transistoren:**

#### **KLEINE SIGNALSTRÖME**

2N332-6	150 mW
2N337-8	125 mW
2N1248	150 mW
2N1417	150 mW kommerzielle Type
ST3030	spezielle Type für elektrische Rechenmaschinen

#### **MITTLERE LEISTUNG**

2N657	200 ma
2N696	für hohe Frequenzen
2N1117	200 ma
ST4203/04	speziell für kommerzielle und industrielle Zwecke
2N341	1 W
2N1206	1 W

#### **HOCHLEISTUNGS-TRANSISTOREN**

2N424	80 V
ST440/450	2 A
2N389	3 A
2N1208/09	5 A

**Rechenmaschinen sowie viele andere, auch militärisch zugelassene, Typen.**

**TRANSISTOREN • DIODEN • GLEICHRICHTER • SCHALTER • REGULATOREN • BEZUGSNORMEN**

# Transitron

electronic GmbH  
münchen 5 corneliusstrasse 12  
fernruF 22 72 74





Bild 1. Die Frigistoren „F-1“, „F-4“, „F-8“, „F-32“ sowie „F-3“ (von unten nach oben)

Elemente in etwas längerer Bauform herstellbar, wenn zum Beispiel der verfügbare Strom begrenzt ist. Es lassen sich also Frigistoren praktisch für alle Bedarfsfälle auslegen.

## 2. Anwendungsmöglichkeiten

Beim derzeitigen Stand der Technik ist die thermoelektrische Kühlung bereits mit den herkömmlichen Methoden vergleichbar, vor allem für größere und mittlere Leistungen. Insbesondere ist sie aber auch für die Kühlung kleiner Flächen und Elemente geeignet. Hier füllt sie eine Lücke, in der es vergleichbare Verfahren bisher nicht gab. Zunächst seien einige Anwendungsgebiete betrachtet, die in Amerika bisher von Kompressor- und Absorptionssystemen beherrscht wurden.

### 2.1 Kühlung im Haushalt

Bei Frigistoren, die Festkörper-Bauelemente sind, übernehmen Elektronen die Funktion des üblichen Kühlmittels. Frigistoren enthalten keine bewegten Teile oder korrodierenden Flüssigkeiten und arbeiten geräuselos; es kann erwartet werden, daß ihre Lebensdauer praktisch unbegrenzt ist. Die Kühlelemente beanspruchen nur wenig Platz und wiegen für einen normalen Kühlschrank nur wenige hundert Gramm. Der Wirkungsgrad eines normalen thermoelektrischen Kühlschranks liegt in der Größenordnung 0,5. Er ist also höher als der eines Absorbers, jedoch geringer als der eines Kompressorkühlschranks. Wollte man den Wirkungsgrad einer mittelgroßen bis großen Kühleinheit erreichen, so müßte die Güte der Halbleiterbaustoffe zwischen 6 und 10 liegen — ein Wert, der weit über dem der bisher bekannten Materialien liegt. Der Wirkungsgrad eines Kompressorkühlschranks nimmt jedoch mit abnehmender Größe ab, während er für eine thermoelektrische Kühleinheit unabhängig von den Abmessungen des Kühlschranks ist. Das kann für manche Anwendungen von entscheidender Bedeutung sein.

Ein 150-...250-Liter-Kühlschrank würde etwa 180 „F-1“-Frigistoren benötigen und rund 10 A bei 12 V Gleichspannung aufnehmen. Es wurden bereits Kühlaggregate für Lastwagen, Kühltruhen, Barschränke usw. gebaut. Mit Frigistoren wird es vor allem auch möglich sein, einen Heimkühlschrank in mehrere Fächer zu unterteilen und diese auf verschiedenen Temperaturen zu halten oder sie sogar innerhalb des Hauses zu verteilen. Tragbare 30-...60-Liter-Kühlschränke können beispielsweise direkt an die 12-V-Batterie eines

Kraftfahrzeugs angeschlossen werden. Solche Kühlschränke arbeiten bereits genauso wirtschaftlich wie vergleichbare Kompressoreinheiten.

### 2.2 Klimaanlage

Bei einer thermoelektrischen Klimaanlage fließt ein Luftstrom über Kühlflächen an den kalten Lötstellen und ein weiterer Luftstrom über mit den heißen Lötstellen verbundene Kühlflächen. Im Sommer wird die gekühlte Luft in die Räume geleitet; bei kaltem Wetter kehrt man die Stromrichtung in den Kühlelementen um, so daß die Anlage als Wärmepumpe arbeitet. Wegen der kleinen Temperaturunterschiede ist die thermoelektrische Klimatisierung sehr wirtschaftlich. Als Wärmepumpe verbraucht die Anlage nur einen Bruchteil der Leistung, die eine normale Widerstandsheizung benötigen würde. Der Speisestrom der Elemente kann zur Aufrechterhaltung einer einmal eingestellten Temperatur automatisch geregelt werden. Thermoelektrische Klimaanlage sind natürlich für Kraftfahrzeuge besonders gut geeignet, da dort die Gleichspannungsquelle schon zur Verfügung steht.

### 2.3 Industrielle Anwendungen

Es gibt einige Beispiele für die Anwendung thermoelektrischer Kühler oder Wärmepumpen in größerem Maßstab, die dabei denselben Wirkungsgrad wie Kompressoranlagen haben. Dazu gehören Anwendungen, bei denen zwischen Wärmequelle und Kühlfläche nur geringe oder veränderliche Temperaturunterschiede herrschen und bei denen die Temperatur der Wärmequelle relativ hoch ist. Durchflußkühler für Flüssigkeiten, Verdampfer und Destilliereinrichtungen gehören ebenfalls hierzu. In Flüssigkeitskühlern werden Frigistoren, die in abnehmender Anzahl hintereinander angeordnet sind, elektrisch parallelgeschaltet, so daß der Strom in Flußrichtung der Flüssigkeit immer größer wird; daher arbeitet die ganze Einheit mit etwa maximalem Wirkungsgrad. Bei Verdampfern wird die Flüssigkeit an den heißen Lötstellen zum Kochen gebracht und danach an den kalten wieder kondensiert. Der Frigistor arbeitet dann mit kleinen Temperaturdifferenzen und kann deshalb große Wärmemengen verarbeiten. Auch hier ist wieder ein mit Kompressoreinheiten vergleichbarer Wirkungsgrad erreichbar, während der Energieverbrauch im Vergleich zur Widerstandsbeheizung um den Faktor 5...10 kleiner ist. Weitere industrielle Anwendungen sind für Wärmeaustauscher denkbar.

### 2.4 Kühlung in der Elektronik

Wie bereits erwähnt, ist der Wirkungsgrad thermoelektrischer Kühler unabhängig von der geforderten Kühlkapazität. Das bedeutet, daß Kühler für 1 W und weniger wirtschaftlich realisierbar sind. Solche Kühler sind leicht und beanspruchen sehr wenig Platz. Es gibt keine andere Kühlmethode mit vergleichbaren Vorteilen.

Diese kleinflächige Kühlung ist besonders für die Anwendung bei Transistoren und Dioden wichtig, denn Germaniumtransistoren können dann mit Belastungen weit oberhalb der jetzigen Grenztemperatur von 85...100° C betrieben werden. Siliziumtransistoren lassen sich von etwa 300° C auf unter 200° C abkühlen, also auf Temperaturen, bei denen sie noch zuverlässig arbeiten. Halbleiter-Gleichrichterelemente können mit geeigneten Frigistoren elektrisch hintereinandergeschaltet werden. Bei gutem Wärmekontakt mit den Dioden lassen sich dann bei Spitzenströmen große Wärmemengen abführen.

Die Empfindlichkeit von Infrarotdetektoren oder Photomultipliern wird bei tiefen Temperaturen wegen des kleiner werdenden Rauschens besser. Auch hier bieten Frigistoren hervorragende Einsatzmöglichkeiten, da sie sich ohne große Schwierigkeiten in solche Anlagen einbauen lassen.

### 2.5 Thermostate

Der Hauptvorteil thermoelektrischer Thermostate liegt darin, daß mit ihnen die Temperatur einer Kammer über oder unter der Umgebungstemperatur gehalten werden kann. Damit ist es möglich, temperaturempfindliche elektronische Baugruppen und Geräte auf  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  konstantzuhalten; mit besonderen Maßnahmen ist sogar eine Konstanz von  $\pm 0,001^\circ\text{C}$  zu erreichen.

Thermostate dieser Art haben viele Anwendungsmöglichkeiten. So kann beispielsweise die Temperatur von Normalelementen bei potentiometrischen Untersuchungen konstantgehalten werden. Bakterien-Inkubatoren kann man auf Temperaturen unterhalb der Körpertemperatur des Menschen halten, und Gewebeteile, Blutplasma,

Antibiotika, Samenzellen lassen sich bei konstanten und niedrigen Temperaturen aufbewahren und befördern.

## 2.6 Instrumentierung

Es ist nicht möglich, alle Beispiele für die Kühlung kleiner Flächen aufzuführen. Im allgemeinen werden Frigistoren allen anderen Methoden punktförmiger Kühlung bis zu Temperaturen von  $-50^{\circ}\text{C}$  überlegen sein. Mit einer Kaskadenschaltung von Frigistoren, bei der die heißen Lötstellen einer Stufe durch die kalten der vorhergehenden gekühlt werden, sind sogar Temperaturen von  $-100^{\circ}\text{C}$  und darunter zu erreichen.

Ein aus einem Paar bestehender „F-1“-Frigistor läßt sich beispielsweise in ein Taupunktthermometer einbauen. Der sich an der kalten Lötstelle bildende Tau kann dann photoelektrisch erfaßt werden, und mit einer entsprechenden Regeleinrichtung läßt sich der Strom dann so einstellen und gegebenenfalls sogar umkehren, daß die Temperatur der kalten Lötstelle immer auf dem Taupunkt bleibt.

Mit kurzzeitigen Stromimpulsen kann die Temperatur der kalten Lötstelle eines Frigistors auf tiefere Temperaturen gebracht werden, als dies bei Dauerstrombetrieb möglich wäre.

Für Mikroskope und Elektronenmikroskope wurden Objektträger entwickelt, mit denen die Objekttemperatur durch Regeln des Stromes kontinuierlich veränderbar ist. Auch Mikrotom-Gefriertische usw. werden dann in ihrer Konstruktion sehr einfach, wobei für Temperaturen um  $-40^{\circ}\text{C}$  oder bei großen abzuführenden Wärmemengen die heißen Lötstellen Wasserkühlung erhalten.

Bei Messungen mit Thermoelementen kann ein Frigistor die Temperatur einer Wasser-Eis-Mischung aufrechterhalten. Schmelzpunkteinrichtungen für Stoffe mit niedrigem Schmelzpunkt können so ausgelegt werden, daß sie mit konstantem Wärmeentzug arbeiten oder eine konstante Kühlung oder Erwärmung bewirken. Bei Kühlfallen und Kühlern für Vakuumpumpen entfällt bei Verwendung von Frigistoren die normalerweise hierfür notwendige Verwendung von Flüssiggas.

Das sind nur einige der wichtigsten Anwendungsbeispiele für die neuen Halbleiter-Kühlelemente. Die Zukunft wird zeigen, daß sich noch viele andere Probleme vorteilhaft durch Einsatz von Frigistoren lösen lassen.

(eingegangen am 12. Januar 1961)

H.-U. HARTEN, Valvo GmbH

# Die Rekombination injizierter Ladungsträger beim Transistor

DK 621.382.3.001

Bei jedem Transistor werden überzählige Minoritätsträger — normalerweise Löcher — vom Emitter in die Basis injiziert. Sie sollen vom Kollektor möglichst vollständig wieder aufgesammelt werden. Ein Teil der Löcher geht aber verloren, weil er mit Elektronen rekombiniert, bevor er den Kollektor erreicht. Die Ursache dieser Rekombination, die im ganzen Bereich der Basis, vor allem aber auch an deren Oberfläche erfolgt, und ihre Auswirkung auf den Stromverstärkungsfaktor werden am Beispiel eines üblichen Legierungstransistors erläutert.

## 1. Die Transistorströme

In Fachaufsätzen über Transistoren taucht häufig das Wort „Rekombination“ auf; zuweilen wird auch zwischen „Volumenrekombination“ und „Oberflächenrekombination“ unterschieden. Obwohl diese Begriffe aus der Physik kommen, und zwar aus der Festkörperphysik, muß heute auch der Techniker mit ihnen vertraut sein, da die Rekombination in der praktischen Anwendung der Halbleiter-Bauelemente eine sehr wesentliche Rolle spielt. Der folgende Beitrag soll eine kurze Übersicht über die Bedeutung der Rekombination beim Transistor geben, erläutert am Legierungstransistor mit homogen dotierter Basis.

Eine der wichtigsten Kenngrößen des Transistors ist der Stromverstärkungsfaktor  $\alpha$ , also das Verhältnis zwischen gesteuertem Strom und Steuerstrom (bei kurzgeschlossenem Ausgang). In der im allgemeinen verwendeten Emitterschaltung wird der Kollektorstrom  $i_c$  durch den Basisstrom  $i_b$  gesteuert (Bild 1). Der Stromverstärkungsfaktor

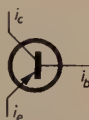
$$\alpha_e = \frac{i_c}{i_b}$$


Bild 1. Ströme am Transistor

ist dann bei vielen Transistortypen größer als 100. Physikalisch leichter zu übersehen ist allerdings die Basisschaltung, bei der man den Emitterstrom  $i_e$  als Steuerstrom verwendet. Dann ist der Stromverstärkungsfaktor

$$\alpha_b = \frac{i_c}{i_e}$$

stets, wenn auch nur geringfügig, kleiner als 1. Wie man sich mit Hilfe der Kirchhoffschen Gesetze ( $i_e = i_b + i_c$ ) leicht überlegen kann, besteht zwischen  $\alpha_e$  und  $\alpha_b$  die Beziehung

$$\alpha_e = \frac{\alpha_b}{1 - \alpha_b}$$

Bei einem idealen Transistor wäre  $\alpha_b = 1$  und demnach  $\alpha_e = \infty$ .

Die Wirkungsweise eines Transistors besteht darin, daß der Emitter — in Durchlaßrichtung belastet — Minoritätsladungsträger in die Basis injiziert und daß der Kollektor — in Sperrichtung belastet — diese injizierten Ladungsträger aufammelt und mit ihnen seinen Sperrstrom erhöht. (Beim üblichen *pnp*-Transistor sind diese Minoritätsladungsträger Löcher.) Bei einem idealen Transistor sollte also  $i_e = i_c$  sein, und das setzt voraus, daß

1) der Emitterstrom nur aus injizierten Löchern (positiven Ladungsträgern) besteht, also

$$i_e = i_{ep},$$

2) alle injizierten Löcher auch beim Kollektor ankommen, also

$$i_{ep} = i_{cp}$$

und daß

3) der Kollektorstrom gerade so groß ist wie der ankommende Löcherstrom, also

$$i_c = i_{cp}$$

Nun sind Ströme in Halbleitern niemals reine Löcherströme; sie sind auch niemals reine Elektronenströme; vielmehr sind an allen Strömen grundsätzlich immer beide Arten von Ladungsträgern beteiligt. Das gilt besonders auch für Ströme durch Sperrschichten, wie zum Beispiel die Emitter-Sperrschicht. Deswegen läßt sich schon die erste Bedingung nicht erfüllen. Formal berücksichtigt man das dadurch, daß man den sogenannten Emitter-Wirkungsgrad

$$\gamma = \frac{i_{ep}}{i_e}$$

eingführt.  $\gamma$  ist stets kleiner als 1. Wie man ihn möglichst nahe an 1 heranbringt, soll hier nicht weiter beschrieben werden.

Es mag auf den ersten Blick überraschen, daß sich die dritte Bedingung trotzdem erfüllen läßt. Zwar fließt auch durch den Kollektor ein Elektronenstrom — er ist in dem Kollektorruhestrom  $I_{c0}$  enthalten —, die Elektronen laufen aber, den Löchern entgegen, vom Kollektor in die Basis. Darum ist für diesen Elektronenstrom die Elek-

tronenkonzentration im Kollektor — und nur sie — von Bedeutung; der Strom ist aber unabhängig davon, wieviele Löcher der Kollektor aufammelt, welchen Löcherstrom er also führt (jedenfalls ist das bei allen „normalen“ Transistoren so). In den bisher gebrachten Formeln wurden für die Ströme kleine Buchstaben verwendet, die üblicherweise Wechselstromgrößen bezeichnen oder Abweichungen der Ströme von einem bestimmten Arbeitspunkt. Weil aber der Elektronenstrom des Kollektors konstant ist, können alle Änderungen des Kollektorstroms nur von seinem Löcheranteil herrühren.

Es bleibt also bei

$$i_c = i_{cp}$$

Die zweite Bedingung läßt sich leider wieder nicht erfüllen. Ein Teil der injizierten Löcher geht auf dem Wege vom Emittor zum Kollektor durch Rekombination verloren. Formal berücksichtigt man diese Verluste wieder durch Einführen einer neuen Größe, des Transportfaktors

$$\beta = \frac{i_{cp}}{i_{ep}}$$

$\beta$  ist wiederum stets kleiner als 1, und damit ist es auch

$$\alpha_b = \beta \cdot \gamma$$

Natürlich soll  $\beta$  wieder so nahe wie möglich an 1 herangebracht werden. Dazu ist es aber notwendig, sich erst einmal mit Mechanismus und Auswirkung der Rekombination näher zu befassen.

## 2. Der Rekombinationsvorgang

Zunächst sei die Frage gestellt, was eigentlich bei der Injektion geschieht. Normalerweise wird der Emittor eines Transistors in Durchlaßrichtung belastet. Dann strömen Löcher, die ja im  $p$ -leitenden Emittor als Majoritätsladungsträger in großer Anzahl vorhanden sind, in die  $n$ -leitende Basis ein. Dort waren auch schon vor der Injektion Löcher vorhanden. Infolge Dotierung mit Donatoren wird in der Basis ja nicht nur die Konzentration  $n_0$  der Majoritätsladungsträger, der Elektronen, festgelegt, sondern auch die der Minoritätsladungsträger, der Löcher (Konzentration  $p_0$ ). Das Produkt aus beiden ist eine Materialkonstante, die allerdings stark von der Temperatur abhängt. Man schreibt

$$n_0 \cdot p_0 = n_i^2$$

und bezeichnet  $n_i$  als Inversionskonzentration. Durch die Injektion wird nun die Löcherkonzentration um  $\Delta p$  über  $p_0$  hinaus auf  $p$  angehoben, und zwar unter Umständen über die Gleichgewichtskonzentration  $n_0$  der Elektronen hinaus (starke Injektion). Die positive Ladung der injizierten Löcher zieht nun aber Elektronen an, die über den sperrfreien Basiskontakt aus den angeschlossenen Metalldrähten in die Basis einströmen. Auf diese Weise erhöhen sich beide Ladungsträgerkonzentrationen praktisch um den gleichen Betrag ( $\Delta p = \Delta n$ ). Damit ist nun zwar die elektrische Neutralität in der Basis gewahrt, das thermodynamische Gleichgewicht aber gestört, denn es gilt jetzt

$$n \cdot p \neq n_i^2$$

Nach Abschalten der Störursache (der Injektion) kann sich beim Transistor das Gleichgewicht grundsätzlich dadurch wieder einstellen, daß die überschüssigen Löcher durch den Kollektor und die Elektronen durch den Basiskontakt abfließen. Das ist aber nicht die einzige Möglichkeit. Es muß noch, wie man sich leicht überlegen kann, eine zweite existieren.

Überzählige Ladungsträgerpaare lassen sich nämlich auch in einem Stück Germanium erzeugen, das gar keine Kontakte hat, und zwar durch Lichteinstrahlung. Wird etwa ein Lichtquant aus dem sichtbaren Bereich oder dem nahen Ultrarot im Germanium absorbiert, dann gibt es seine Energie an ein Elektron im Valenzband ab, das damit ins Leitungsband heraufspringen kann (Bild 2a). Man sagt, durch inneren Photoeffekt ist ein Elektron-Loch-Paar erzeugt worden; Elektronen- und Löcherkonzentration werden also durch Licht um den gleichen Betrag erhöht. Wie bei der Injektion im Transistor, gilt auch hier

$$\Delta p = \Delta n \quad \text{und} \quad n \cdot p \neq n_i^2$$

Überschüssige Ladungsträger können aber jetzt nicht durch Kontakte abfließen, weil keine vorhanden sind. Trotzdem muß sich nach Abschalten des Lichtes das thermodynamische Gleichgewicht wieder einstellen können. Das geschieht jetzt dadurch, daß die überschüssigen freien Elektronen aus dem Leitungsband wieder herunterspringen in überschüssige Löcher im Valenzband. Auf diese Weise verschwinden Elektron-Loch-Paare durch Rekombination. Dasselbe geschieht nun auch mit einigen in die Basis des Transistors injizierten Löchern.

Die Rekombination braucht Zeit: Ein zur Rekombination bereites Elektron muß schließlich erst einmal ein Loch im Valenzband vorfinden, bevor es herunterspringen kann.

Ein direkter Sprung des Elektrons vom Leitungsband zum Valenzband ist im Germanium im Sinne der Wellenmechanik verboten. Das Elektron kann seinen Weg daher nur über ein Zwischenniveau,

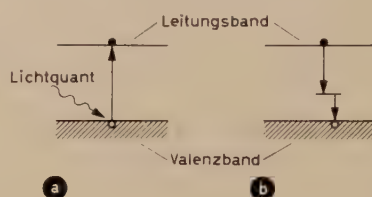


Bild 2. Generation (a) und Rekombination (b)

über ein sogenanntes Rekombinationszentrum, nehmen (Bild 2b). Diese Zwischenniveaus ähneln sehr den Niveaus von Donatoren oder Akzeptoren und entstehen wie diese durch Fremdatome, die im Kristallgitter eingesprengt sind. Bei Germanium bilden besonders Kupfer und Nickel solche Rekombinationszentren.

Man hat gelernt, aus Germanium extrem saubere Kristalle herzustellen. Auch läßt sich die Dichte der Rekombinationszentren so weit heruntersetzen, daß ein überschüssiges Elektron 100  $\mu$ s oder sogar 1 ms lang suchen muß, bis es eine Rekombinationsmöglichkeit gefunden hat.

Bei einem Transistor, der zum Beispiel bei 10 MHz noch arbeiten soll, sind die injizierten Löcher nicht länger als etwa 0,1  $\mu$ s vom Emittor zum Kollektor unterwegs (andernfalls käme es nämlich zu unliebsamen Phasenverschiebungen zwischen Emittor- und Kollektorstrom). Wenn die Löcher aber im Mittel 100  $\mu$ s brauchen, um ein Rekombinationszentrum zu finden, dann wird das nur jedem tausendsten Elektron gelingen. Ein Verlust von 0,1% bedeutet aber  $\beta = 0,9990$ , erlaubt damit auch  $\alpha_b = 0,9990$  und  $\alpha_e = 1000$ . Warum ist aber auch bei gutem Emittorwirkungsgrad  $\alpha_e$  tatsächlich nur 100?

Bisher sind alle Überlegungen unter der Annahme angestellt worden, daß die Rekombinationszentren ebenso wie Donatoren und Akzeptoren im Kristallgitter sitzen, daß also die Rekombination nur im Inneren, im Volumen des Kristalls, erfolgt (Volumenrekombination).

Das Germaniumscheibchen eines Transistors hat wie jeder andere Körper eine Oberfläche. Die dort befindlichen Germaniumatome haben auf der einen Seite keinen Nachbarn, ein Teil ihrer Valenzelektronen greift ins Leere. Anscheinend können solche freien Valenzen Rekombinationszentren bilden. Weiterhin sind an der Oberfläche meistens Fremdatome adsorbiert; es bilden sich Deckschichten, meist Oxydschichten, aus, an denen dann wieder beispielsweise Wassermoleküle adsorbiert sein können. Die Einzelheiten dieser Erscheinungen sind noch recht wenig erforscht, auf jeden Fall haben sie aber eine Oberflächenrekombination zur Folge, das heißt, überschüssige Ladungsträgerpaare, die im Inneren des Kristalls kein Rekombinationszentrum finden, können zur Oberfläche laufen und dort rekombinieren.

Das werden natürlich diejenigen Ladungsträger zuerst tun, die sich sowieso schon nahe der Oberfläche aufhalten; dort wird also die Überschußkonzentration rascher abfallen als im Inneren. Das Ergebnis ist ein Konzentrationsgefälle und damit ein Diffusionsstrom von Ladungsträgern zur Oberfläche. Nach dem ersten Fickschen Gesetz ist die Stromdichte der Löcher (Dichte des Teilchenstroms, gemessen in Anzahl  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

$$i_{ps} = D \left( \frac{dp}{dx} \right)_s$$

( $D$  Diffusionskonstante, der Index  $s$  bezeichnet Werte an der Oberfläche).

# TANTAL

PECHINEY

+



-

für KONDENSATOREN trocken  
PULVER — PLATTEN — DRAHT flüssig

UCLAF



VERKAUF: UCLAF DEPARTEMENT COMMERCIAL B-35, BOULEVARD DES INVALIDES, PARIS 7<sup>e</sup>

DEUTSCHER ALLEINVERTRETER:

**W. BIESTERFELD & CO - HAMBURG**

FERDINANDSTRASSE 41 · TELEFON 32 27 01 · FERNSCHREIBER 0211252 und 0211874  
MIT EIGENEN HÄUSERN IN AUGSBURG, BERLIN, FRANKFURT a. M., HANNOVER, KÖLN, STUTTGART

Registrieren Sie Ihr Messergebnis  
mit Moseley «Autograf» und  
datenverarbeitendem Zubehör.



Modell 2D

X-Y-Schreiber »Autograf«	Modell	Papierformat	Einstellzeit für Vollausschlag	Empfindlichkeit Gleichspannung	Wechselspannung	Zeitbasis (Vollausschlag)	Bemerkungen	Preis	
								DM mit Zoll	DM ohne Zoll
	1	215×278 mm	1 sec	5 mV – 100 V	mit A1-Zusatz		Papier auf Trommel	5 698.–	5 053.–
	2 D	278×432 mm	50 cm/sec	7,5 mV – 150 V X-Achse	15 V – 150 V	7,5 – 750 sec	Verwendung von Papier auf Rollen möglich	12 588.–	11 163.–
	2 S		1 sec	5 mV – 100 V Y-Achse				10 600.–	9 400.–
	3 S	215×278 mm	0,5 sec	5 mV – 500 V	mit A1-Zusatz	5 – 500 sec		7 420.–	6 580.–
	4 B	278×432 mm	1 sec	7,5 V – 150 V X-Achse		7,5 – 750 sec	Gestellausführung. Schreibt zwei Kurven	18 471.–	16 380.–
	4 S			5 mV – 100 V Y-Achse			Gestellausführung	10 600.–	9 400.–
	5 S	215×278 mm	0,5 sec	5 mV – 500 V		5 – 500 sec	Gestellausführung	8 348.–	7 403.–
6 S	254×254 mm	< 1 sec	5 mV – 100 V	Gestellausführung. Papier auf Rollen	13 250.–		11 750.–		
0,2 % Genauigkeit									
Streifen-Blattschreiber	Modell	Papierbreite	Einstellzeit für Vollausschlag	Empfindlichkeit Gleichspannung	Eingangswiderstand	Papiervorschub	Genauigkeit	Preis	
								DM mit Zoll	DM ohne Zoll
	80 A	250 mm	,25 sec	5 mV – 100 V	200 000 $\Omega$ /V max. 2 M $\Omega$	6 Geschw. 5 – 150 cm/min	0,2 %	9 461.–	8 390.–
Logarithmische Verstärker	Modell	Dynam. Bereich	Stabilität	Genauigkeit	Zeitkonstante	Empfindlichkeit Gleichspannung	Wechselspannung	Preis	
								DM mit Zoll	DM ohne Zoll
	60 B	60 db	± 0,5 db	± 0,5 db	20 db/sec	316 m – 316 V	1 mV – 100 V 20 Hz – 20 kHz	3 180.–	2 820.–

Lieferbarer Zubehör:

30A Lochkartenübersetzer  
40A Digitale Dateneinspeisung mit Tastatur  
F1 Kurvenfolgerzusatz

Änderungen vorbehalten / Preise ab Frankfurt am Main

A1 Wechselspannung / Gleichspannungs-  
Umwandler  
D1 Typendrucker zur Kurvenkennzeichnung

Die «AUTOGRAF» X-Y-Schreiber sind Geräte zur Registrierung von mechanischen, physikalischen oder elektrischen Größen in einem kartesischen Koordinatensystem. Mit dem Kurvenfolgerzusatz können sie zur Dateneingabe bei industriellen Fabrikationsprozessen verwendet werden. Weltweit bekannt in Forschungslaboratorien und Fertigungswerken.

Wir beraten Sie gerne bei Ihrem Messproblem und stehen auch für andere technische Auskünfte und Gerätevorführungen jederzeit zur Verfügung. Vertrieb und Kundendienst durch



## Hewlett-Packard

Vertriebsgesellschaft m. b. H.

Frankfurt am Main Technisches Verkaufsbüro und Kundendienst  
Sophienstrasse 8, Telephone 77 31 75 u. 77 94 25  
HPSA - 9A - 428

weltweit bewährt

Selbstverständlich fließt auch ein gleich großer Elektronenstrom zur Oberfläche, weil die Ladungsträger ja nur paarweise rekombinieren können. Der resultierende elektrische Strom ist also gleich Null. Solange keine Komplikationen auftreten, wird der Rekombinationsstrom  $i_s = i_{ps} = i_{ns}$  proportional zur Konzentrationserhöhung  $\Delta p_s$  an der Oberfläche sein, also

$$i_s = s \cdot \Delta p_s$$

Die Proportionalitätskonstante  $s$  bedeutet hier die effektive Geschwindigkeit, mit der die überschüssigen Ladungsträgerpaare zur Oberfläche diffundieren; sie ist ein Maß für die Oberflächenrekombination und heißt darum Oberflächen-Rekombinationsgeschwindigkeit. Selbst wenn jedes überzählige Loch, das von der thermischen Bewegung zur Oberfläche gebracht wird, dort sofort rekombiniert, kann natürlich die Rekombinationsgeschwindigkeit nicht größer werden als die thermische Geschwindigkeit, mit der sich die Löcher nun einmal bewegen. Bei Zimmertemperatur ist sie etwa  $10^7$  cm/s. Andererseits kann man durch geschickte Oberflächenbehandlung  $s$  auf wenige cm/s heruntersetzen. Dann werden fast alle überzähligen Ladungsträger, die an die Oberfläche stoßen, dort reflektiert, ohne zu rekombinieren. Völlig vermeiden läßt sich die Oberflächenrekombination allerdings nicht. Also werden beim Transistor immer einige der injizierten Löcher an der Oberfläche verlorengehen.

Die Oberflächenrekombination hat nun zur Folge, daß die Bahnen der Löcher nicht mehr ausschließlich geradlinig vom Emittor zum Kollektor laufen, sondern zum Teil abbiegen und an der Oberfläche enden (Bild 3a). Als einfachste konstruktive Gegenmaßnahme gibt man dem Kollektor deshalb einen größeren Durchmesser als dem Emittor. Dann fängt dieser wenigstens alle herüberkommenden Löcher ab (Bild 3b). Die Rekombinationsverluste an der dem Emittor zugekehrten Oberfläche bleiben allerdings unverändert.

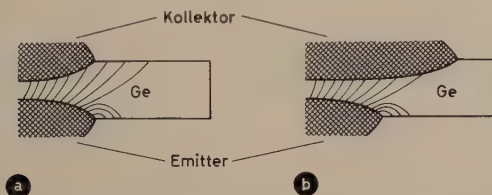


Bild 3. Bahnen injizierter Löcher bei Oberflächenrekombination, (a) an der Oberfläche endend und (b) vom Kollektor abgefangen

Formal kann man den Einfluß der Oberflächenrekombination folgendermaßen berücksichtigen: Man teilt den elektrischen Strom  $i_R$ , der von denjenigen Löchern getragen wird, die den Emittor verlassen, den Kollektor aber nicht erreichen, weil sie vorher rekombinieren —  $i_R$  hängt mit dem Transportfaktor  $\beta$  über die Gleichung

$$i_R = (1 - \beta) i_{pe}$$

zusammen —, in einen (vernachlässigbaren) Anteil  $i_{RV}$  der Volumenrekombination und einen (überwiegenden) Anteil  $i_{RS}$  der Oberflächenrekombination auf. Die Berechnung dieses Anteils ist mühsam, weil die Dichte des Rekombinationsstroms vom Konzentrationsüberschuß  $\Delta p_s$  abhängt und dieser um so geringer wird, je weiter man sich vom Rand des Emittors entfernt. Es leuchtet aber ein, daß im wesentlichen nur ein Kreisring um den Emittor zur Rekombination beitragen wird, dessen Breite dem Abstand Emittor—Kollektor (der Basisdicke  $w$ ) entspricht [1]. Die Fläche dieses Ringes ist

$$F = 2 \pi r w,$$

da  $w$  im allgemeinen klein gegen den Radius  $r$  des Emittors ist. Setzt man näherungsweise für diesen Ring einen ortsunabhängigen Konzentrationsüberschuß  $\Delta p_0$  an, dann ergibt sich für den Rekombinationsstrom

$$\frac{i_R}{q} \approx F \cdot i_s = 2 \pi r w s \Delta p_0,$$

wobei  $q$  die Elementarladung ist. Nun ist bei einem normalen Transistor der Emittorstrom  $i_{pe}$  ein reiner Diffusionsstrom, der dem 1. Fickschen Gesetz gehorcht. Weiterhin sind die Rekombinations-

verluste gering; das Konzentrationsgefälle vom Emittor zum Kollektor ist also ungefähr konstant und gleich  $\Delta p_0/w$ . Daraus folgt

$$i_{pe} \approx q D \frac{\Delta p_0}{w} r^2 \pi$$

und

$$1 - \beta \approx \frac{i_R}{i_{pe}} \approx \frac{2 w^2 s}{D r}$$

In den Entwicklungslaboratorien wird man also versuchen, den Transistoren möglichst große Emittor und möglichst kleine Basisdicken zu geben.

Die Diffusionskonstante  $D$  ist eine praktisch unbeeinflussbare Materialkonstante. Allerdings entstehen bei starker Injektion in der Basis

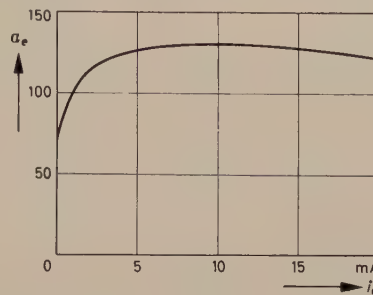


Bild 4. Stromverstärkungsfaktor  $\alpha_e$  als Funktion des Emittorstroms  $i_e$  (OC 74 bei Kollektoremitterspannung 1 V)

elektrische Felder, die sich so auswirken, als sei  $D$  erhöht. Entsprechend nehmen mit steigendem Emittorstrom die Rekombinationsverluste ab, die Stromverstärkung nimmt also zunächst einmal zu. Gleichzeitig wird aber auch der Emittorwirkungsgrad  $\gamma$  schlechter. Dadurch kommt dann der charakteristische Verlauf von  $\alpha_e$  zustande, den Bild 4 zeigt.

Natürlich bemüht man sich sehr, die Oberflächen-Rekombinationsgeschwindigkeit klein zu halten. Weil man aber in der Großserienfertigung unmöglich die gleichen diffizilen Verfahren zur Oberflächenbehandlung anwenden kann, die im Forschungslabor in manchen Einzelfällen zum Erfolg führen, gibt man sich bei Transistoren mit Werten um 100 cm/s zufrieden. Beispielsweise ist bei einem üblichen NF-Transistor  $r = 0,5$  mm und  $w = 50 \mu$ . Aus  $s = 500$  cm/s folgt dann für die Größe  $(1 - \beta)$  erst der Wert  $10^{-2}$ ;  $\alpha_e = 100$  ist also durchaus noch möglich. Die Kenngrößen eines Transistors sollen nun aber über lange Zeit konstant bleiben, deshalb muß auch die Oberflächenrekombination konstant gehalten werden. Und da beginnen die Schwierigkeiten.

Es wurde ausgeführt, daß bei der Bildung von Rekombinationszentren an der Oberfläche adsorbierte Fremdatome beteiligt sind. Schon  $10^{12}$  Zentren je  $\text{cm}^2$  Oberfläche sind mehr als zulässig. Auf jedes  $\text{cm}^2$  kommen aber schon über  $10^{14}$  Germaniumatome, so daß also der hundertste Teil einer monoatomaren Deckschicht genügen kann, um die Oberflächenrekombination entscheidend zu beeinflussen. Schon die kleinsten Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre haben Ad- und Desorptionen dieser Größenordnung zur Folge. Man wird also erst einmal versuchen, die Oberfläche durch eine Deckschicht vor dem unmittelbaren Zutritt der Atmosphäre zu schützen. Bei Germanium und Silizium geschieht das durch Oxydation mehr oder weniger automatisch. Wenn die Oxydschichten gut ausgebildet sind, kann sich die Anzahl der unter ihnen eingesperrten Rekombinationszentren auch bei krassem Wechsel der Atmosphäre nicht mehr nennenswert ändern. Die Oberflächenrekombination hängt aber nicht allein von dieser Anzahl ab. Man ist zwar einen Schritt weitergekommen, aber noch nicht am Ziel.

An einer Oberfläche sind nicht nur Atome adsorbiert, sondern vor allem auch Ionen, also geladene Teilchen. Nun muß aber die Oberfläche insgesamt elektrisch neutral sein; es bildet sich demzufolge eine Doppelschicht aus, bei der sich die Gegenladung zu den adsorbierten Ionen auf der anderen Seite der Deckschicht, also auf der eigentlichen Halbleiter-Oberfläche befindet. Exakt betrachtet, befindet sie sich nicht auf dieser Oberfläche, sie ist vielmehr über eine dünne Raumladungs-Randschicht verteilt, die in vielen Beziehungen der Raumladungsschicht eines pn-Überganges entspricht. Über dieser Schicht liegt auch eine Potentialdifferenz  $\Delta U$ , die also letztlich durch die außen auf der Deckschicht adsorbierten Ionen bestimmt wird.

Aus Gründen, die hier nicht weiter erörtert werden sollen, hängt die Oberflächen-Rekombinationsgeschwindigkeit nicht nur von der Art und der Anzahl der Rekombinationszentren ab, sondern auch noch von der Potentialdifferenz  $\Delta U$  über der Randschicht. Diese Abhängigkeit ist im Bild 5 gezeigt — im einzelnen wird sie natürlich durch die Eigenschaften der Rekombinationszentren bestimmt [2].

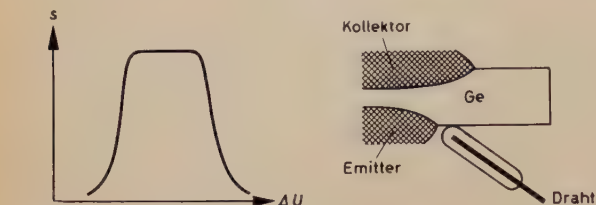


Bild 5 (links). Oberflächen-Rekombinationsgeschwindigkeit  $s$  als Funktion der Potentialdifferenz  $\Delta U$  über der Raumladungs-Randschicht. Bild 6 (rechts). Zur Bestimmung der Oberflächenrekombination beim Transistor

Daß der Verlauf im Bild 5 tatsächlich vorkommt, kann man an einem noch nicht in sein Gehäuse eingebauten Transistor auf folgende Weise zeigen [3]: Man setzt dicht neben den Emitter einen Draht auf die Germaniumoberfläche, der von einer dünnen Isolierschicht überzogen ist (Bild 6). Er bildet also mit dem Germanium eine Art Kondensator. Legt man an ihn eine Spannung, lädt er sich auf; die Gegenladung erscheint auf der Germaniumoberfläche, und zwar zunächst in der Raumladungs-Randschicht. Das bedeutet aber eine Änderung von  $\Delta U$ . Mit  $\Delta U$  ändert sich  $s$ , mit  $s$  ändert sich  $\beta$ , und mit  $\beta$  ändert sich schließlich der Kollektorstrom, obwohl der Emitterstrom exakt konstantgehalten wird. Diese letzte Änderung läßt sich leicht verfolgen. Nicht so leicht ist es, etwa das ganze Plateau der Rekombinationskurve auszumessen, denn in dem Variationsbereich für  $\Delta U$  ist man durch die Durchschlagsfeldstärke der Isolierschicht begrenzt.

Es ist demnach grundsätzlich immer möglich, die Oberflächenrekombination durch extreme Potentialverhältnisse herabzudrücken; unempfindlich gegenüber der Atmosphäre wird man andererseits nur bei relativ hoher Rekombination. Also sollte man Rekombinationszentren züchten, die ein möglichst niedriges und möglichst breites Plateau haben. Eine solche Forderung ist leicht gestellt, aber schwer erfüllt, zumal die bisherigen Kenntnisse noch nicht ausreichen, den Rekombinationszentren überhaupt Namen zu geben. Bei der Volumenrekombination weiß man, daß man es vor allem mit Cu und Ni zu tun hat. Bei der Oberflächenrekombination ist das bisherige Wissen noch sehr unvollkommen.

Man kann natürlich noch fragen, warum man sich überhaupt Gedanken über atmosphärisch unempfindliche Rekombinationszentren macht und nicht lieber die Atmosphäre im Transistorgehäuse konstanthält. Nun, diesen Weg geht man tatsächlich. Vakuum hat sich allerdings nicht bewährt, aber die Gehäuse sollten wenigstens vakuumdicht sein. Aber es ist damit auch noch nicht sichergestellt, daß die Atmosphäre konstant bleibt. Zum Beispiel reagiert die Oberflächenrekombination auf die relative Luftfeuchtigkeit, und diese hängt wiederum empfindlich von der Temperatur ab, auch wenn sich die Anzahl der im Gehäuse befindlichen Wassermoleküle nicht ändert.

Dies alles zeigt, daß Oberflächenrekombination, wie überhaupt die ganze Physik der Halbleiter-Oberfläche, zur Zeit noch reichlich kompliziert und unübersichtlich ist. Wenn auch in den letzten Jahren einige Modellvorstellungen entwickelt und in ihren Grundzügen experimentell bestätigt worden sind, so weiß man über wichtige Einzelheiten doch nur wenig. Diese Unkenntnis der Wissenschaftler hindert die Techniker keineswegs, das Problem stabiler Transistoren zu lösen. Es gibt stabile Transistoren. Allerdings weiß niemand mit letzter Sicherheit, warum manche Verfahren zur Stabilisierung funktionieren und andere nicht.

#### Schriftum

- [1] Webster, W. M.: On the variation of junction-transistor current-amplification factor with emitter current. Proc. IRE Bd. 42 (1954) S. 914–920
- [2] Stevenson, D. T., u. Keyes, R. J.: Measurements of the recombination velocity at germanium surfaces. Physica Bd. 20 (1954) S. 1041–1064
- [3] Beale, I. R. A., Thomas, D. E., u. Watkins, T. B.: A method of studying surface barrier height changes on transistors. Proc. Phys. Soc. Bd. 72 (1958) S. 910–914

(eingegangen am 6. Dezember 1960)

## Superkleber in der Elektronik

DK 621.792

Der in der Industrie und im Gewerbe seit einigen Jahren mit Erfolg verwandte Superkleber „UHU-plus“ findet in letzter Zeit auch in der Elektronik mehr und mehr Anwendung. Es handelt sich hierbei um einen Zweikomponentenkleber auf Äthoxylharzbasis (Kunstharz), der aus einem Härter und einem Binder besteht. Gegenüber anderen Klebern dieser Art hat UHU-plus den Vorteil, daß er bei der Verarbeitung keine gesundheitsschädlichen Dämpfe abgibt. Der neue Kleber läßt sich ohne Katalysator kalt und warm aushärten, wobei die Toleranz des normalen Mischungsverhältnisses von 1:1 bis zu 20% über- oder unterschritten werden kann, und zwar ohne Nachteil für die Klebewirkung. Die Kältaushärtung ist in 10...20 Stunden beendet, und die Warmaushärtung mittels einer elektrischen Platte oder Infrarotbestrahlung erreicht schon nach 10...20 Minuten ihren optimalen Effekt.

Mittels dieses Superklebers lassen sich fast alle Werkstoffe, wie Eisen, Stahl, Aluminium, Buntmetalle, gehärtete Kunststoffe, vulkanisierter Gummi, Glas, Porzellan, Steingut und andere Hartmaterialien, fest und dauerhaft mit- und untereinander verbinden. Die Klebestellen sind hierbei indifferent gegen Feuchtigkeit, Wasser, Öle und Fette, organische Lösungsmittel, Reinigungsmittel, verdünnte Laugen und Säuren und lassen sich auf mechanische Weise nicht mehr auseinanderreißen.

Der Kleber kann in vielen Fällen das Schweißen, Löten, Nieten, Falzen oder Verschrauben ersetzen, besonders an örtlich schwer zugänglichen Konstruktionsteilen oder Bauelementen. Die Klebestellen halten Temperaturen bis zu 80°C lange Zeit aus und vertragen auch Kältegrade bis zu etwa –20°C ohne Nachteil für die Klebewirkung. Metallteile werden ohne jede innere Spannung im Gegensatz zum Löten und Schweißen verbunden, und bei Belastung der verklebten Metalle ist die Spannungsverteilung im Verbindungsquerschnitt gleichmäßig. Durch den Fortfall von Schrauben und Nieten werden Verbindungen mit weit geringerem Gewicht geschaffen. Der Arbeitsaufwand ist klein und erfordert bei der Kaltverklebung keine Apparate.

Zur Verarbeitung stellt man sich aus Härter und Binder eine innige Mischung in den gerade gebrauchten Mengen her. Die Werkstoffoberfläche, besonders bei Metallen, muß frei von Öl und Fett, Rost und Zunder oder sonstigen Verunreinigungen und zudem völlig trocken sein oder andernfalls chemisch oxydiert oder gebeizt werden. Unter dieser Voraussetzung erhält man Klebeverbindungen von sehr hoher Festigkeit und langer Haltbarkeit. Der ganze Klebevorgang beruht im Prinzip auf einer Polymerisation der Makromoleküle von Härter und Binder, also der Komponenten, mit nachfolgender Vernetzung.

In der Elektronik hat sich der Superkleber unter anderem als vorzüglicher elektrischer Isolator, vor allem in der Klein-Elektronik, bewährt. Zum dauerhaften Befestigen von Leitungsdrähten in Steckern und ähnlichem wird das blanke Drahtende mit der Madenschraube des Steckers wie bisher festgeklemt. Dann füllt man den Hohlraum des Isolationsmantels vollständig mit UHU-plus aus. Die Klemmverbindung wird dann nach dem Härten des Klebers nicht mehr mechanisch beansprucht. Bei verlöteten Kabelverbindungen bricht der Drahtleiter oft an derjenigen Stelle, an der die Kunststoffisolation vor der eigentlichen Lötstelle endet. Dort wird der Draht meist durch Knick und Zug stark belastet. Diese Stellen vermuft man daher zweckmäßigerweise mit dem Kleber derart, daß auch noch das Ende des Isoliermaterials in der Muffe steckt. Das gleiche gilt auch für Stellen, an denen Kabel in Kleinstecker einmünden. Bei solchen Verarbeitungen entstehen keinerlei Kabelbrüche mehr. Mit normalen Klebern kann man derartige Kabelmuffen nicht erstellen, weil Zellulosekleber nicht auf den PVC-Isoliermänteln haften.

Mittels des neuen Superklebers lassen sich aber auch mechanisch feste, freitragende Luftpulen herstellen, wie sie beispielsweise manchmal in elektronischen Schaltungen als Senderspulen von Vorteil sind. Man wickelt hierzu die Spule aus Draht auf einen Dorn (Holzstab) und biegt die Drahtenden so, daß man sie mit einer Klammer festhalten kann. Dann zieht man die Windungen auf den gewünschten Abstand auseinander, streift die Spule vom Dorn ab und legt 3...4 Raupen aus UHU-plus quer über die Windungen längs der Spule. Diese Stege halten dann nach der Aushärtung des Klebers die Spulenwindungen unverrückbar fest.

A. Foulon

#### ACHEMA 1961 vom 9. bis 17. Juni in Frankfurt am Main

Im Rahmen des Europäischen Treffens für Chemische Technik findet die 13. ACHEMA, Ausstellungs-Tagung für chemisches Apparatewesen, vom 9. bis zum 17. Juni 1961 in Frankfurt am Main statt. Ziel dieser Veranstaltung ist es, den Fachleuten dieses großen Teilgebietes der Technik in größeren Zeitabständen einen Gesamtüberblick über den jeweils erreichten Stand des chemischen Apparatewesens durch Ausstellung und Vorträge zu vermitteln. Gleichzeitig wird dort auch vom 12. bis zum 16. Juni die DECHEMA-Jahrestagung 1961 abgehalten, die das Thema „Die technische Chemie und ihre Apparate“ zum Gegenstand hat.

# Höchste Empfindlichkeit minimales Rauschen . . . .

Modernste elektronische Forschungsarbeit der Hitachi-Ingenieure hat jetzt zur Entwicklung einer hervorragenden Käfig-Gitter Zwillingstriode 6R-HH8 mit äußerst hoher Verstärkung und niedriger Rauschcharakteristik geführt. Als ein Glied der Abstimm-Vorrichtung garantiert 6R-HH8 ein ausgezeichnetes Schirmbild mit bemerkenswerter Schärfe.



Käfig-Gitter (6R-HH8)

Fig. 1 Verstärkungscharakteristik

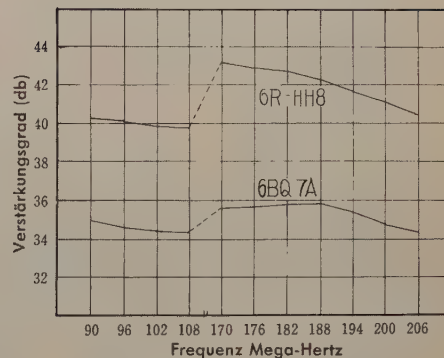
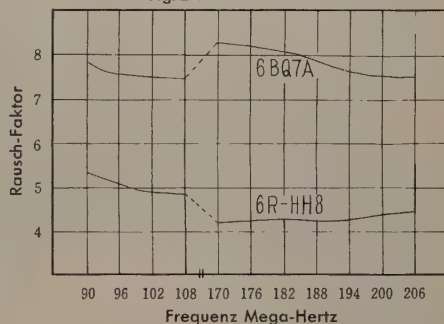


Fig. 2 Rauschcharakteristik



Hitachi fabriziert auch andere Empfangsröhren und Zubehörteile zum Fernsehen, die in Verbindung mit der neuen 6R-HH8 Röhre jedem Apparatebauer eine noch bessere Marktstellung einbringen, als er gegenwärtig einnimmt.



Automatisches Röhren-Prüfgerät



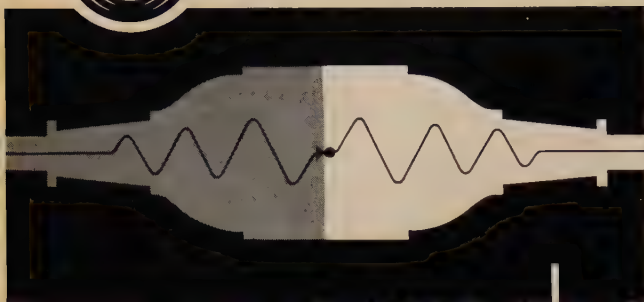
**Hitachi, Ltd.**

Tokyo Japan

Telegramm-Adresse: „HITACHY“ TOKYO



...VERLUSTARM



... soll eine aufgetrennte und mit einer Kabelkupplung verbundene Leitung sein, als ob sie aus einem ununterbrochenen Leitungszug vom Generator bis zum Verbraucher bestünde.

Kleinste gleichbleibende Kontaktwiderstände und größtmögliche Betriebssicherheit sind für die Elektronik die hauptsächlichen Forderungen.



**TUCHEL-KONTAKT GMBH**  
Heilbronn/Neckar · Postfach 280 · Tel. \* 6001

Bitte besuchen Sie uns auf der Deutschen Industrie-Messe Hannover 1961  
an unserem Stand 358 in Halle 10, Erdgeschoß

# DRESSLER

Wir liefern ab Lager oder kurzfristig:



## Telequipment Oszillographen

mit folgenden gemeinsamen Merkmalen:

Gleichspannungsverstärker 0 bis 6 MHz geeicht in V/cm  
Triggerstabilität und Triggerpegel getrennt einstellbar  
Geeichte Zeitablenkung mit 10 facher Dehnung

Zum Einbau in 19"-Gestelle:

**S 31 R Universal-Breitbandoszillograph DM 1240,-**

**D 31 R Zweistrahloszillograph (Abb.) DM 1836,-**

Beide Typen sind auch als Tischgerät lieferbar!

**S 42 ein neuer Laboroszillograph DM 1548,-**

**PA 2 Zweikanal-Vorverstärker DM 481,-**

Auch mit lang nachleuchtenden Röhren lieferbar!

Verlangen Sie die ausführlichen  
Druckschriften vom General-  
vertrieb und Kundendienst

**R. DRESSLER**

Geräte und Bauteile für Elektronik und Kernphysik  
Berlin W 30, Nachodstraße 19 (Westberlin) Telefon 2410 37

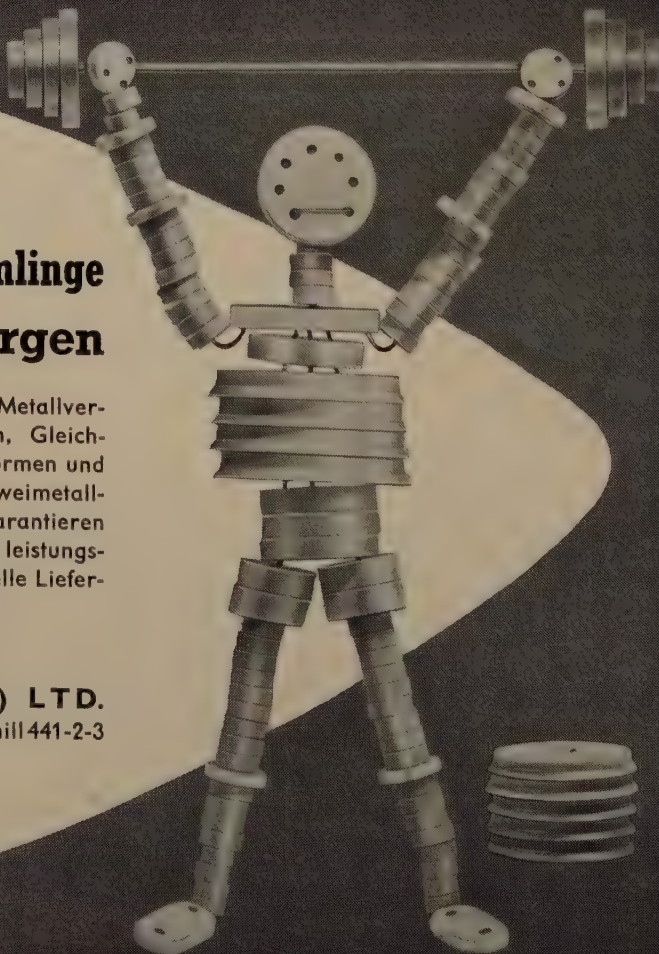
## MANSOL Vorformlinge

entheben Sie Ihrer Sorgen

Verwendet bei der Herstellung von Glas-Metallverschmelzungen; Röhrensockel, Transistoren, Gleichrichter usw. Vorformlinge können in allen Formen und Größen für Eisen-, Kovar-, Kupfer- und Zweimetallverschmelzungen geliefert werden. Wir garantieren gleichmäßige Qualität, genaue Toleranzen, leistungsfähige Produktion in jeder Menge und schnelle Liefermöglichkeiten.

Anfragen an

**MANSOL (GREAT BRITAIN) LTD.**  
Hollands Road, Haverhill, Suffolk, Tel. Haverhill 441-2-3



# Farbfernsehen im Dienste der Chirurgie

DK 621.397.132: 61

Im Rahmen der medizinischen Ausbildung nehmen chirurgische Demonstrationen einen bedeutenden Platz ein. Schwierigkeiten haben sich aber während der letzten zehn bis fünfzehn Jahre ergeben, weil die modernen Operationsmethoden immer komplizierter geworden sind und umfangreicher technischer Hilfseinrichtungen bedürfen. Insbesondere die sogenannte Große Chirurgie macht die Anwesenheit zahlreicher Ärzte und Hilfskräfte notwendig, so daß der Raum im Operationssaal immer enger wird. Deshalb ist es heute kaum noch wie früher möglich, kleine Gruppen von Ärzten und Studierenden als „Zuschauer“ in die Nähe des Operationsfeldes zu lassen, ganz abgesehen davon, daß es mit steigender Personenzahl immer schwieriger wird, die Forderungen der Asepsis zu erfüllen.

Da man diesen wichtigen Zweig der medizinischen Ausbildung und Fortbildung heute aber weniger denn je vernachlässigen kann, muß man Auswege suchen. So hat man beispielsweise den Operationssaal mit einer Kuppel ausgestattet, durch dessen Schlitze man den Ablauf der Operation verfolgen konnte. Abgesehen davon, daß die Zuschauer dabei oft zu weit vom Operationsfeld entfernt sind, um Einzelheiten genügend genau erkennen zu können, wird auch die Sicht auf den Operationsvorgang selbst durch die große Zahl der Assistenten und die umfangreichen technischen Apparaturen stark behindert.

gungsschrank für den Fernsehprojektor befinden. Von dort geht es zum Projektor im Hörsaal und zu weiteren Sichtgeräten, die auf fahrbaren Tischen mit verstellbarer Grundplatte angeordnet sind und sich in weiteren Räumen aufstellen lassen. Der Großbild-Projektor arbeitet mit drei Projektionssystemen für Rot, Grün und Blau. Die Bilder der unmittelbar seitlich neben dem mittleren Projektor für Grün stehenden Projektoren für Rot und Blau lassen sich durch mechanisches Justieren mit dem Grün-Bild zur Deckung bringen. Die wegen der Schrägprojektion auftretenden Geometrieverzerrungen werden elektrisch kompensiert.

## Operationssaal

Die Farbfernsehkamera ist an der Spezial-Operationsleuchte befestigt. Sie ist nicht senkrecht auf das Operationsfeld gerichtet, sondern blickt über einen Umlenkspiegel exzentrisch in bezug auf das Lichtbündel auf das Bildfeld (Bild 1). Das hat den großen Vorteil, daß man bei der Wiedergabe ein „plastischeres“ Bild erhält als bei senkrechtem Kamerablick. Jede Bewegung der Leuchte bewegt die Kamera zwangsläufig mit, so daß sie stets exakt auf die ausgeleuchtete Fläche gerichtet ist. Wegen der hohen Lichtempfindlichkeit der Kamera-Bildröhren genügt eine Beleuchtungsstärke von etwa 20000 lx für ein Feld von etwa 35...40 cm Durchmesser.

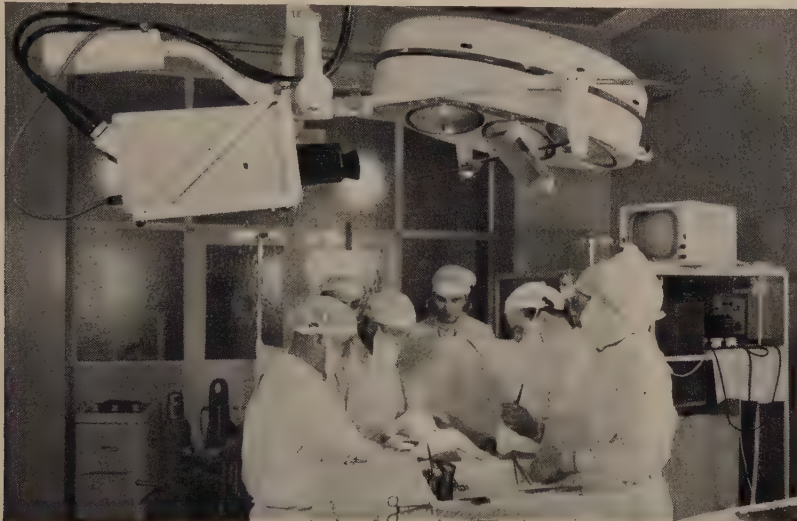


Bild 2. Die Philips-Farbfernsehkamera mit der fernbedienten Vario-Optik von SOM-Berthiot

Bild 1. Die Farbfernsehkamera ist an der Operationsleuchte befestigt. Man erkennt in der Mitte der Leuchte den Umlenkspiegel und im Hintergrund rechts den 36-cm-Schwarzweiß-Monitor

Im Zuge der Neugestaltung der Universitätsklinik in Frankfurt am Main studierte man deshalb sehr sorgfältig die Frage, wie man die Forderungen der Operationstechnik mit denen der Ausbildung optimal verbinden könne. Man kam zu dem Schluß, daß die Übertragung des Operationsvorgangs durch Farbfernsehen die beste Lösung sei, weil dadurch einerseits der Betrieb im Operationssaal nicht durch zusätzliche Personen gestört wird und andererseits beliebig viele Zuschauer an beliebig vielen Plätzen den Vorgängen folgen können. Weiterhin ist als sehr wesentlicher Faktor sichergestellt, daß der Zuschauer stets einen ungestörten Blick auf das Operationsgeschehen hat und alle Details genauestens verfolgen kann.

Obwohl der Neubau der Chirurgischen Klinik in Frankfurt erst in den nächsten Jahren fertiggestellt sein wird, entschloß man sich bereits jetzt, in den alten Operationssaal eine Farbfernsehanlage einzubauen, die dann später ihren Platz im Neubau finden soll, bei dessen Gestaltung man bereits auf die Erfordernisse dieser Technik Rücksicht genommen hat. Für die Beschaffung der Philips-Farbfernsehanlage und einer Spezial-Operationsleuchte System „Hanau“ haben Magistrat und Stadtverordnetenversammlung 300000 DM bereitgestellt. Frankfurt hat damit die erste europäische Farbfernsehanlage für chirurgische Zwecke. Für die veterinärmedizinische Ausbildung hatte Philips bereits 1958 eine ähnliche Anlage errichtet. Soweit bekannt, gibt es neben diesen beiden Anlagen in Europa nur noch in den USA eine fahrbare Anlage von der Firma Smith, Kline & French, die verliehen wird, und eine vierte Anlage soll in Japan im Aufbau sein.

## Technischer Aufbau

Die nach der 625-Zeilen-Norm arbeitende Anlage wird im Kurzschlußverfahren betrieben, das heißt, die Übertragung von der Kamera zur Wiedergabeanlage erfolgt über Kabel. Die Kamera im Operationssaal ist mit dem Technischen Kontrollraum verbunden, in dem sich der Kamera-Kontrollschrank, der Kamera-Verstärkerschrank und der Stromversor-

Das entspricht den bisher üblichen Werten und ist wegen der Wärmeentwicklung ein sehr wesentlicher Faktor. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, das Operationsfeld statt mit weißen mit grünen Tüchern abzudecken und mit matten Operationsinstrumenten (später vielleicht einmal mit farbigen) zu arbeiten, um Störungen des Farbkontrasts und Überstrahlungen zu vermeiden. Aus demselben Grund trägt auch das Personal grüne Kittel.

## Kamera

Die Fernsehkamera (Bild 2) ist mit einer Vario-Optik „Pan-Cinor“ (SOM-Berthiot) mit zwischen 42 mm und 170 mm kontinuierlich veränderbarer Brennweite ausgerüstet, um den Abbildungsmaßstab der Größe des wiederzugebenden Objektes anpassen zu können. Die Steuerung von Brennweite, Schärfte und Blende erfolgt fernbedient vom Kamera-Kontrollschrank aus. Bei dem speziell für diese Kamera entwickelten „Pan-Cinor“ sind für die Farberlegung in die drei Komponenten Rot, Grün und Blau keine Zwischenobjektive notwendig, sondern man benutzt eine aus zwei farbbelegten, halbdurchlässigen Spiegeln, zwei Umlenkspiegeln und drei selektiven Farbfiltren bestehende Anordnung.

Die aus dem Farberlegungsteil der Kamera austretenden Lichtbündel fallen auf die drei Resistron-Kameraröhren, deren Ausgangssignale drei Vorverstärker zugeführt werden, die in unmittelbarer Nähe der Resistrons angebracht sind. Die Verstärker mit Kaskode-Eingangsschaltung sind über vier Röhren gekoppelt und geben über eine Katodenverstärker-Ausgangsstufe 0,5 V<sub>ss</sub> Signalspannung mit maximal 1 dB Abfall bei 10 MHz an einen 75-Ω-Koaxialausgang ab.

In die Kamera eingebaut sind ferner die Endverstärker für die Austastsignale sowie die Trapezentzerrung für den Rot- und den Blau-Kanal. Der Grün-Kanal ist Bezugskanal für die beiden anderen Kanäle, die deshalb zusätzlich noch Feineinstellungen für Amplitude und Linearität der Kamera-Bildröhren haben.

Ein im Operationssaal angebrachter 36-cm-Schwarzweiß-Monitor, der dem Chirurgen das gleiche Bild wie im Hörsaal zeigt, ermöglicht den Technikern vor Beginn der eigentlichen Übertragung die Überprüfung der Kamera-Einstellung.

## Technischer Kontrollraum

### Kamera-Kontrollschrank

Der im Bild 3 rechts gezeigte Schrank enthält neben der schon erwähnten Fernbedienung für die Vario-Optik die Kippgeräte sowie die Stufen für Strahlunterdrückung, magnetische und elektrostatische Strahlfokussierung, Strahlausrichtung sowie die Netzgeräte für die Betriebsspannungen der Resistrons. Ein Impulsgenerator liefert nicht nur das Synchron-

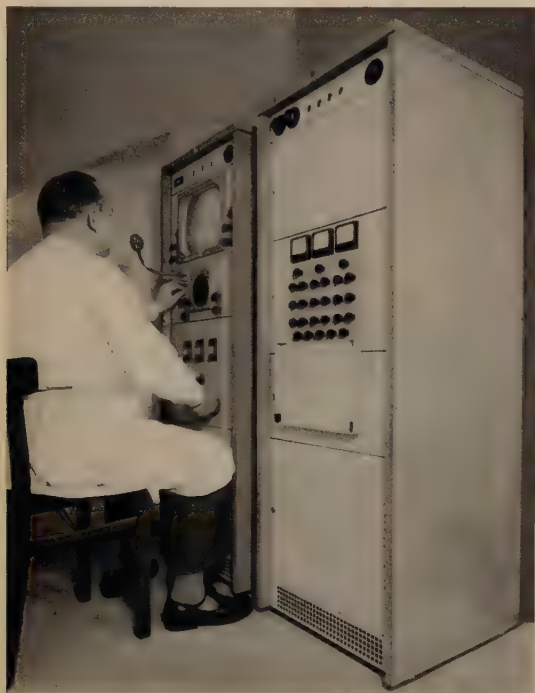


Bild 3. Im Technischen Kontrollraum befinden sich der Kamera-Verstärkerschrank (links) und der Kamera-Kontrollschrank (rechts)

das Austastsignal, sondern auch noch zwei Testsignale. Bildbreite, Bildhöhe und magnetische Strahlfokussierung lassen sich von diesem Schrank aus gemeinsam für alle Farbkanäle regeln. Daneben bestehen noch zahlreiche getrennte Regelmöglichkeiten für jeden einzelnen Kanal.

### Kamera-Verstärkerschrank

Auf dem 36-cm-Schwarzweiß-Monitor in dem linken Schrank im Bild 3 läßt sich über einen Umschalter jeder Farbkanal einzeln kontrollieren, ebenso ist es aber zwecks Prüfung auf Deckungsfehler möglich, alle drei Kanäle gleichzeitig wiederzugeben.

Über einen Elektronenschalter lassen sich auf der unter dem Monitor angeordneten 13-cm-Oszillografenröhre die drei Farbsignale nebeneinander im Zeilenschnitt sichtbar machen, so daß man eine dauernde Kontrollmöglichkeit für Amplitude, Schwarzwert und Gradation hat. Diese Kontrolle ist auf den Gammakorrekter und andere wichtige Punkte des Verstärkers umschaltbar. Vor dem Gammakorrekter werden die Amplituden der drei Farbsignale dauernd mit drei Spitzenspannungsmessern überwacht.

In drei weiteren identischen Verstärkern werden die Farbsignale dann aperturkorrigiert sowie auf Gamma der Aufnahmeröhre und der Wiedergaberöhre kompensiert. Das Gamma der Wiedergaberöhre ist zwischen 0,4 und 1 einstellbar. Die Endstufe jedes Verstärkers mit vier identischen und voneinander unabhängigen Ausgängen liefert ein positives Signal von 1 V<sub>ss</sub> an 75 Ω (Abfall maximal 1 dB bei 10 MHz).

Im unteren Teil des Schrankes befindet sich die Stromversorgung mit elektronisch stabilisiertem Gleichspannungsteil. Monitor und Elektronenstrahloszillograf haben eigene Netzgeräte, lassen sich deshalb auch als selbständige Geräte benutzen.

### Großbild-Fernsehprojektor

Bei 8,50 m Projektionsabstand liefert dieser Projektor ein Bild von 3 × 4 m mit 50 asb Leuchtdichte bei Verwendung einer Projektionswand mit dem Reflexionsfaktor 2,5. (In Frankfurt, wo man mit Rücksicht auf die räumlichen Verhältnisse im alten Hörsaal nur mit einem Bild von 10 m<sup>2</sup> arbeiten konnte, lag die Spitzenleuchtdichte bei 75 asb.) Der Projektor ist 1,05 m

hoch, 1,90 m breit, 1,40 m tief und wiegt 570 kg. Auf seiner einen Breitseite sind in einer stabilen Rahmenkonstruktion die drei Projektionssysteme untergebracht. Zu ihrer Kühlung ist ein Gebläse eingebaut, das die Luft über ein Staubfilter ansaugt. Die geradlinige Schmidt-Optik besteht aus dem sphärischen Hohlspiegel von 40 cm Durchmesser und einer 30-cm-Korrektionslinse. Die 12,5-cm-Projektionsröhren mit sphärischem Leuchtschirm haben rot-, grün- oder blauleuchtende Bildschirme, deren Farbwerte der NTSC-Norm entsprechen. Da man bei diesem Philips-Projektor mit 50 kV Anodenspannung arbeitet, erhält man sehr scharfe und helle Bilder, die auch bei der Projektion keinen merkbaren Verlust an Details erkennbar werden lassen. Der wiedergegebene Kontrast ist etwa 1:30. Eine Bleiabschirmung des Projektors verhindert das Austreten von Röntgenstrahlen, die bei dieser hohen Anodenspannung nicht mehr zu vernachlässigen sind.

Die dem Projektor zugeführten Eingangssignale (3 Videosignale mit Austastung +1 V<sub>ss</sub>, Synchronsignal -4 V<sub>ss</sub>, Austastsignal -4 V<sub>ss</sub>) werden in den drei Videoverstärkern zweimal geregelt, und zwar für die Kontrastregelung gemeinsam durch mechanische Kupplung der Regler und außerdem in jedem Verstärker noch einzeln zur Voreinstellung. Die Signalamplituden werden so eingestellt, daß sich die Helligkeiten der roten, grünen und blauen Projektionsröhren etwa wie 30:59:11 verhalten. Bei diesem Verhältnis ergibt sich auf der Bildwand Weiß.

In den nachgeschalteten Endverstärkern werden die Signale auf den zur Steuerung der Katoden der Bildröhren notwendigen Pegel von maximal 150 V<sub>ss</sub> angehoben. Der Ablenkteil enthält außer den Kippteilen auch die Schaltungen zur Geometriekorrektur sowie die Schutzschaltungen für die Projektionsröhren beim Ausfall eines Kippteils.

Interessant ist die Hochspannungserzeugung. Hier geht man nicht von der Netzspannung aus, sondern man benutzt einen 33-kHz-Generator, dessen aufwärts transformierte Ausgangsspannung in einem sechststufigen Spannungsvervielfacher in Gleichspannung von 50 kV umgewandelt wird, die gegen Belastungsschwankungen infolge Änderung der Bildhelligkeit stabilisiert ist.

Alle betriebsmäßig zu bedienenden Einstellorgane sind auf der anderen Breitseite des Projektors in dem übersichtlichen Hauptbedienungsfeld zusammengefaßt. Es enthält außerdem noch zwei Meßinstrumente für die Hochspannung und die Strahlströme der Projektionsröhren.

Die für den Betrieb des Projektors benötigten Spannungen werden einem getrennten Stromversorgungsschrank entnommen, der außer den Transformatoren und Gleichrichtern mit zugehörigem Schaltfeld auch noch einen 70-W-Verstärker, einen 2-W-Verstärker sowie einen Gegensprechverstärker enthält. Falls der Projektor nicht im Kurzschlußbetrieb betrieben werden soll, läßt sich im Bedarfsfall in diesem Schrank noch ein HF-Teil mit Decoder zum Anschluß des Projektors an eine Richtfunkstrecke unterbringen.

### Tonteil

Eine so umfangreiche Anlage erfordert naturgemäß auch einen gewissen tontechnischen Aufwand. Der Chirurg kann seine Erläuterungen über ein an der Operationsleuchte angebrachtes Mikrophon, den 70-W-Verstärker und je eine Lautsprechergruppe zu beiden Seiten der Projektionswand in den Hörsaal übertragen. Es bedeutet für ihn eine wesentliche Erleichterung, daß der Verstärker mit einem Begrenzer ausgestattet ist, so daß die Lautstärke im Hörsaal von der zufälligen Entfernung des Sprechers vom Mikrophon unabhängig ist. In umgekehrter Richtung besteht ebenfalls eine Sprechverständigung über ein Mikrophon im Hörsaal, den 2-W-Verstärker und einen Lautsprecher im Operationssaal, um Rückfragen stellen zu können. Ein Entkopplungskreis verhindert das Auftreten akustischer Rückkopplungen zwischen beiden Übertragungswegen. Schließlich besteht noch eine Gegensprechmöglichkeit über den Gegensprechverstärker, um den internen technischen Betrieb über Kopfsprecher abwickeln zu können. Der Übertragungsleiter im Technischen Kontrollraum kann von hier aus mit dem Vorführer am Fernsehprojektor und mit der Kameraführung im Operationssaal sprechen. Diese letzte Verbindung ist beispielsweise notwendig, um den Chirurgen aufmerksam machen zu können, wenn er beispielsweise mit seinem Kopf einen Teil des Bildes abdeckt. Außerdem kann der Übertragungsleiter seinen Kontrolllautsprecher umschalten, um den Kommentar und die Rückfragen aus dem Hörsaal mitzuhören.

\*

Bei der ersten Vorführung hatte man Gelegenheit, die Leistungsfähigkeit der Anlage kennenzulernen. Professor Dr. Ungeheuer führte die Trennung der großen Körperschlagader von der Lungenschlagader eines Kindes vor. Man war tief beeindruckt davon, mit welcher Deutlichkeit hier jeder einzelne Handgriff verfolgt werden konnte. Mit dieser Farbfernsehanlage steht der Chirurgischen Klinik in Frankfurt am Main ein Hilfsmittel zur ärztlichen Ausbildung und Fortbildung zur Verfügung, zu dem man die Klinik und ihren Leiter, Professor Dr. Geißendörfer, nur beglückwünschen kann. Es bleibt zu hoffen, daß möglichst bald recht viele ärztliche Ausbildungsstätten in den Genuß dieser Möglichkeiten kommen mögen, denn für die Ausbildung des Nachwuchses sollte das Beste gerade gut genug sein.

-th

# Tunneldioden- und Reaktanzverstärker für das VHF- und UHF-Gebiet

Anläßlich einer Besichtigung des neuen *Telefunken*-Halbleiterwerks in Heilbronn hörte man Einzelheiten über Untersuchungen, die sich zum Teil noch im Versuchsstadium befinden, zum Teil aber schon so weit abgeschlossen sind, daß in nicht allzu ferner Zukunft praktische Ergebnisse zu erwarten sind. Diese Untersuchungen erstrecken sich unter anderem auf Tunneldioden- und Reaktanzverstärker für das VHF- und UHF-Gebiet (Vorträge von R. Maurer und H. Rieck sowie von R. Maurer und K. Bomhardt).

Das Signalverhalten eines Tunneldioden-Geradeausverstärkers wird durch den Übertragungsgewinn  $L\bar{U}$  bei Resonanz und seine Betriebsbandbreite  $B$  beschrieben. Für das aus beiden Größen gebildete Produkt gilt

$$\sqrt{L\bar{U}} \cdot B = \frac{2 \sqrt{G_S \cdot G_L}}{G_S + G_C'(\omega) + G_L} \cdot B_0$$

mit

$$B_0 = \frac{G_S + G_C'(\omega) + G_L}{2 \pi C_g}$$

Dabei sind  $G_S$  und  $G_L$  die auf den Signalkreis transformierten Wirkleitwerte des Signalgenerators und der Last und  $G_C'(\omega)$  der Verlustleitwert der Tunneldiode. Mit  $C_g$  ist die Gesamtkapazität des Signalkreises bezeichnet, die neben der eigentlichen Kreiskapazität auch die Koppelkapazitäten von Signalgenerator und Last sowie die Tunneldioden-Sperrschichtkapazität  $C_D$  einschließt. Mit  $B_0$  bezeichnet man die Bandbreite des Signalkreises bei fehlender Entdämpfung. An einem praktischen Verstärkeraufbau wurde mit einer *Telefunken*-Versuchsdiode für 500 MHz Betriebsfrequenz ein Produkt  $\sqrt{L\bar{U}} \cdot B \approx 100$  MHz gemessen. Einem Übertragungsgewinn  $L\bar{U} = 10$  entspricht also eine Betriebsbandbreite von 6,3%. Der Verstärker ist im Bereich 400...800 MHz durchstimmbar.

Die Schaltung dieses Tunneldioden-Geradeausverstärkers zeigt Bild 1, den Versuchsaufbau Bild 2. Bei diesem Verstärker ergab sich für die Betriebsbandbreite  $B = 15$  MHz eine zusätzliche Rauschzahl von  $F_z = 3$ .

Rauscharme Reaktanzverstärker enthalten als aktives Element eine nicht-lineare Reaktanz, beispielsweise eine in Sperrichtung vorgespannte Halbleiterdiode. Im Gegensatz zur Mischung in der klassischen Mischerdiode

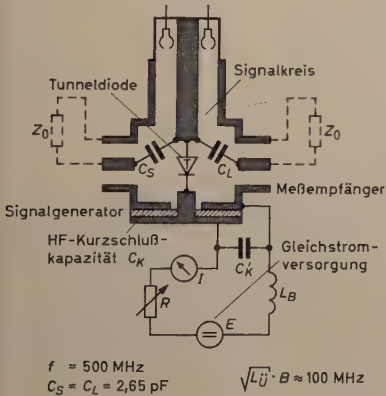


Bild 1. Schaltung eines Tunneldioden-Geradeausverstärkers für Frequenzen von 400 bis 800 MHz

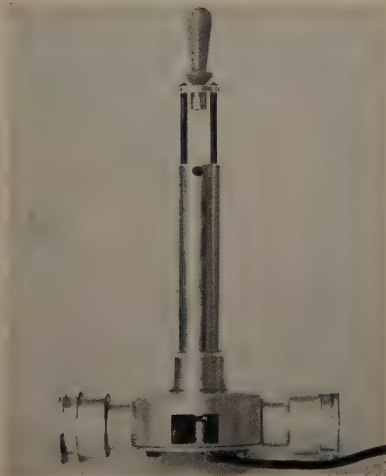
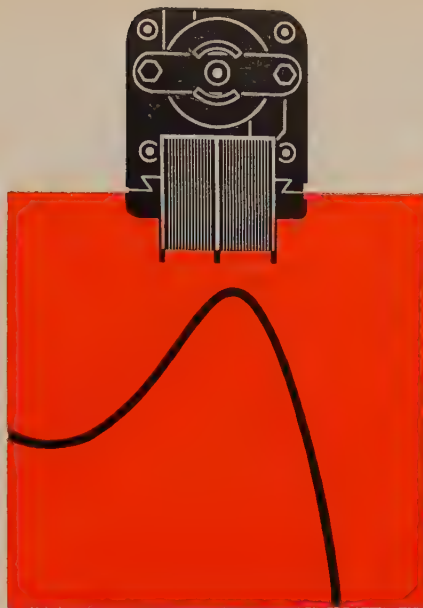


Bild 2. Tunneldioden-Geradeausverstärker nach Schaltung Bild 1

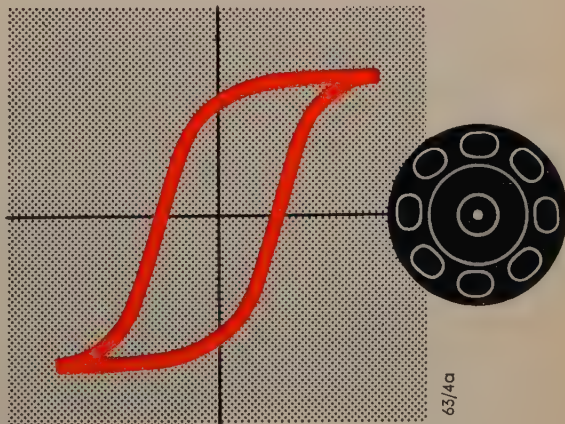
§  
SIEMENS



## Kleinstmotoren für jeden Verwendungszweck

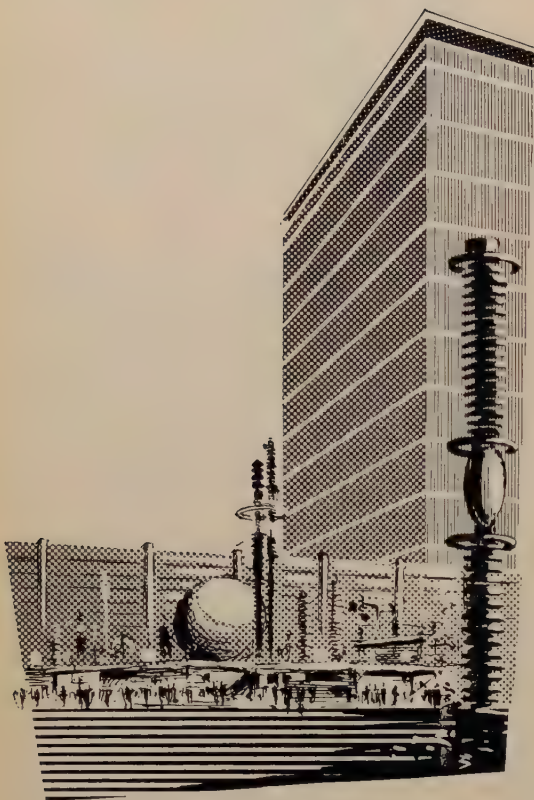
Siemens-Kleinstmotoren sind das Ergebnis einer 25jährigen Entwicklungsarbeit. Sie zeichnen sich durch besonders ruhigen Lauf und hohe Betriebssicherheit aus und werden als Hysteres-Synchronmotoren, Umkehrmotoren für wechselnde Drehrichtung, Spaltpol-Asynchronmotoren, Nachlaufmotoren mit regelbarer Drehzahl sowie als Universal- und Einphasen-Kondensatormotoren ausgeführt.

Siemens-Kleinstmotoren eignen sich für viele Verwendungszwecke, beispielsweise zum Antrieb von Zeituhren und Schaltuhren, zum Einbau in Relais und Schaltwerke. Sie dienen der Verstellung von Regelorganen und Ventilen und werden in Tarifgeräten verwendet. Darüber hinaus sind Siemens-Kleinstmotoren in der gesamten Meß- und Regelungstechnik sowie als Antriebe für Büro- und Haushaltsmaschinen unentbehrlich.



Die Hauptverarbeitungsabteilung der Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen, sendet Ihnen auf Wunsch ausführliche Druckschriften

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT



Wirtschaftlichere Herstellung, größere Betriebssicherheit und höhere Lebensdauer aller Erzeugnisse, vorteilhaftere Anwendung und gefälligere Formgebung sind die Arbeitsziele der Elektrotechnik, die damit allen dient.

Auf der Deutschen Industrie-Messe Hannover zeigen mehr als 1200 Firmen der Elektroindustrie in den Hallen 10, 11, 12 und 13 und auf dem Freigelände die Ergebnisse ihrer Arbeit; aber auch in vielen anderen Hallen und auf vielen Ständen anderer Branchen wird der Besucher erkennen, daß ohne Anwendung der Elektrizität, ihrer Motoren, Anlagen und Einrichtungen aller Art viele der dort gezeigten Dinge weder hergestellt, noch so einfach, sicher und wirtschaftlich betrieben, geregelt oder gesteuert werden könnten.



**Hannover Messe**  
30. April - 9. Mai 1961

ermöglicht die Mischung in der Reaktanzdiode für den Fall der Frequenzgleichlage bei Aufwärtsmischung und für den Fall der Frequenzkehrlage bei Auf- und Abwärtsmischung eine echte Verstärkung. Wegen der Verwendung rein imaginärer Elemente wird das Rauschen von Reaktanzverstärkern praktisch nur durch die Kreisverluste bestimmt. Wegen der auftretenden Entdämpfung bei Schaltungen mit Frequenzkehrlage läßt sich außer den Mischerschaltungen auch ein Geradeausverstärker verwirklichen, der eine echte Verstärkung ohne Frequenzumsetzung ermöglicht. Bei Verwendung von Bandfiltern auf der Signalseite lassen sich diese Geradeausverstärker auch für größere Bandbreiten auslegen. Für die Durchstimmung über ein größeres Frequenzband bestehen — bedingt durch den Betrieb in Frequenzkehrlage — bei Geradeausverstärkern zwei Möglichkeiten:

1. bei fester Pumpfrequenz den Signal- und Hilfskreis gegenseitig durchzustimmen,
2. bei fest abgestimmtem Hilfskreis den Signalkreis und den Pump-Oszillator im gleichen Sinn durchzustimmen.

Während bei der ersten Möglichkeit der Pump-Oszillator nur für eine Frequenz optimal dimensioniert zu werden braucht und die störende Pumpspannung sich durch fest abgestimmte Siebmittel am Ein- und Ausgang des Verstärkers unterdrücken läßt, bietet die zweite Möglichkeit den Vorteil der besseren Entkopplung der Kreise.

Allen Geradeausverstärkern haftet der Nachteil an, daß sie hinsichtlich der Verstärkung reziprok sind und daß ohne große Verluste an Rauschzahl Leistungsanpassung gleichzeitig am Ein- und Ausgang nicht eingestellt werden kann. Deshalb verwendet man nichtreziproke Elemente für die Entkopplung und Leistungsanpassung am Ein- und Ausgang.

Am Beispiel eines Reaktanz-Geradeausverstärkers mit 10 MHz Bandbreite und zusätzlicher Rauschzahl  $F_z = 1,3$  (Schaltung Bild 3, Versuchsaufbau

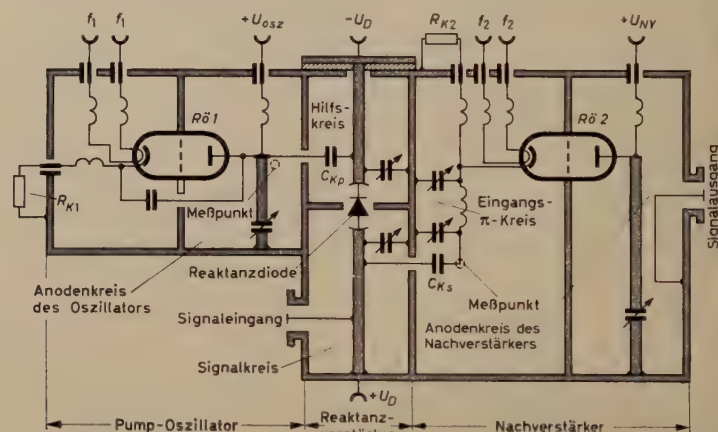


Bild 3. Schaltung eines Reaktanz-Geradeausverstärkers mit 10 MHz Bandbreite

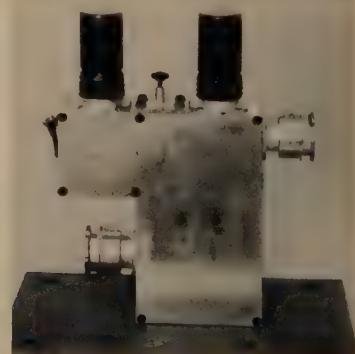


Bild 4. Versuchsaufbau eines Reaktanz-Geradeausverstärkers nach Schaltung Bild 3

Bild 4) wurde eindrucksvoll demonstriert, was diese Technik heute schon zu leisten imstande ist. Bei einem Empfangsversuch wurde ein UHF-Meßsender mit dem von einer industriellen Fernsehkamera aufgenommenen Bild moduliert und an eine UHF-Antenne angekoppelt. Der an eine zweite UHF-Antenne angeschlossene serienmäßige Fernsehempfänger mit UHF-Teil ergab bei den eingestellten konstanten Versuchsbedingungen ( $F_z = 15$ ) ein völlig verrauschtes und kaum erkennbares Bild. Nach Einschaltung des Tunnelknoten-UHF-Verstärkers ( $F_z = 3$ ) zwischen Antenne und Empfängereingang war das Bild einwandfrei ausgesteuert, und Spuren von Rauschen waren kaum noch zu entdecken. Bei Verwendung des Reaktanzverstärkers ( $F_z = 1,3$ ) ergab sich ein völlig rauschfreies Bild. Schon aus diesen eindrucksvollen Experimenten läßt sich erkennen, welche großen Veränderungen insbesondere auf dem Gebiet der Höchsthochfrequenztechnik zu erwarten sind, wenn diese neuen Bauelemente erst einmal allgemein Eingang in die Technik gefunden haben werden.

## Analogie-Rechengerät „AR 2“

Das Analogie-Rechengerät „AR 2“ von *Güttlinger* (Niederteufen) arbeitet mit zeitlich veränderbaren Spannungen als Rechengrößen. Jede in der Rechnung vorkommende Variable (zum Beispiel Auslenkung einer Masse in einem mechanischen System, Winkelgeschwindigkeit einer drehenden Welle) wird durch eine Spannung dargestellt. Als Rechenelemente dienen in erster Linie Gleichspannungsverstärker und Potentiometer. Das Resultat wird in Form einer Spannungskurve geliefert, die entweder auf dem Schirm eines Katodenstrahloszillografen sichtbar gemacht oder mittels eines direkt-schreibenden oder fotografisch arbeitenden Oszillografen in Kurvenform aufgezeichnet werden kann. Das Gerät zeichnet sich durch besonders einfache Bedienung aus.

ELRU-Information 356

## Vakuum-Photozelle Fz 9022 V

Die Typenreihe der blau- und rotempfindlichen Vakuum- und Edelgaszellen der *AEG* ist jetzt durch den Typ Fz 9022 V erweitert worden. Diese Zelle hat zwei getrennte Katoden und eignet sich unter anderem zur Messung von Differenzphotoströmen sowie für Zwei- und Dreipunktregelungen, richtungsabhängiges Zählen oder Steuern, photoelektrische Füllstandsüberwachung und Abstandssteuerungen. Der Höchstwert der spektralen Empfindlichkeit liegt bei etwa 8000 Å. Die Empfindlichkeit bei 90 V und 1 MΩ Außenwiderstand ist 20 µA/lm. Die Betriebsspannung ist 100 V, der mittlere Katodenstrom  $2 \times 0,75 \mu\text{A}$ , die Farbtemperatur der Meßlampe 2850° K.

ELRU-Information 357

## Automatischer Schalter „1542“ für Dehnungsmeßbrücke „1516“

*Brüel & Kjaer* liefert jetzt zu der Dehnungsmeßbrücke „1516“ den automatischen Schalter „1542“ und einen Anschlußkasten für 20 Meßpunkte. Der automatische Schalter hat 50 Stellungen und enthält R- und C-Ausgleichselemente sowie Anschlüsse für 10 Voll- oder Halbbrücken. In Verbindung mit einem Anschlußkasten können bis zu 30 Meßpunkte, in Verbindung mit zwei Anschlußkästen bis zu 50 Meßpunkte angeschlossen werden. Der Schalter ist mit Rhodium-Kontakten versehen, die eine lange Lebensdauer haben, und kann von Hand durchgeschaltet werden oder automatisch mit Hilfe einer Transistorschaltung in 0,5, 1, 2 oder 4 s je

Stufe. Die nacheinander eingeschalteten Stufen werden auf einer großen beleuchteten Skala angezeigt. Wird ein Teil der vorhandenen Stufen nicht benutzt, dann durchläuft der Schalter diesen Teil mit höherer Geschwindigkeit und kehrt an den Anfangspunkt zurück. Wenn der automatische Schalter in Verbindung mit dem Pegelschreiber „2305“ verwendet wird, kann der Schalter synchron zum Papierablauf ferngesteuert werden. Bei jeder vollendeten Umdrehung des automatischen Schalters läßt sich eine Zeitmarke registrieren. Als R-Ausgleichseinheiten werden Regler verwendet, die sich in einem Bereich von 10 Umdrehungen hinreichend schnell und genau einstellen lassen.

ELRU-Information 358

## Digitale Fernübertragungsanlage

Eine neue Fernübertragungsanlage nach einem digitalen System zum Bedienen, Anzeigen und Messen an nichtbeaufsichtigten industriellen Anlagen wird jetzt von *Philips* geliefert. Über jede normale Fernmeldeverbindung sind von der Hauptstation zur Nebenstation bis zu 150 Fernbedienungen möglich, in umgekehrter Richtung 156 Fernanzeigen. Übliche AM- oder FM-120-Hz-Telegrafiekanäle (50 Bd) können normal verwendet werden. Das System ist jedoch in abgeänderter Form auch für 200 Bd verwendbar. Fernmessung und Fernanzeige erfolgen von der Nebenstation zur Hauptstation; die dabei möglichen 156 binären Bit werden in 12 Gruppen zu je 13 Bit aufgeteilt. Sämtliche Bit können zur Fernanzeige benutzt oder jede der 12 Gruppen von 13 Bit kann als Fernmeßkanal eingesetzt werden.

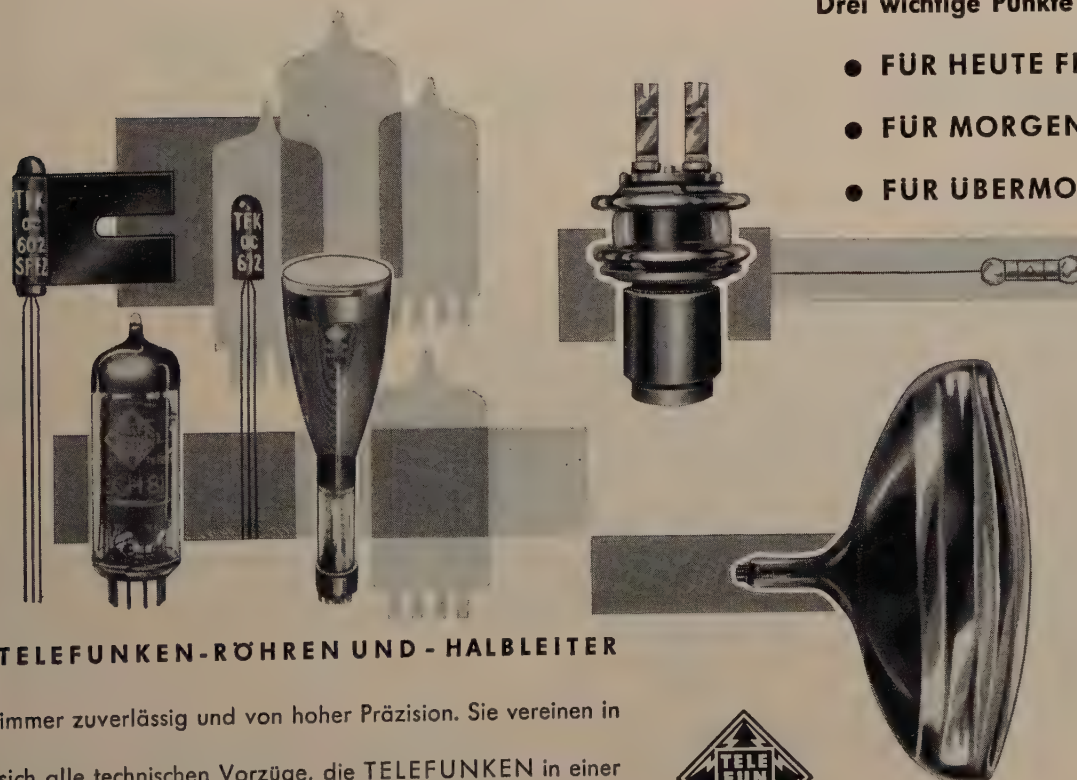
ELRU-Information 359

## Potentiograph „E 336“

Ein Universalgerät zur selbsttätigen Aufzeichnung vollständiger Titrationskurven ist der Potentiograph „E 336“ von *Metrohm*, der beliebige potentiometrische Titrations ausführt, wie zum Beispiel pH-, Redox-, Fällungs- und Komplexbildungs-Titrations und den Verlauf der gesamten Titrationskurve aufschreibt. Der Titrationsendpunkt muß nicht vorher bekannt sein, er wird aus dem Kurvenverlauf ermittelt. Die Titrations können deshalb ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit auch von ungelerntem Personal ausgeführt werden. Die aufgeschriebene Titrationskurve erlaubt auch zu einem späteren Zeitpunkt noch eine Beurteilung der Titrationsumstände. Die stets kontinuierliche Reagenzzugabe gewährleistet eine Gleichmäßigkeit der Titration, die bei manuellen Arbeiten niemals erreichbar ist. Neben seinen Eigenschaften als Titriergerät ist der Potentiograph „E 336“ ein normales pH- und mV-Meßgerät, bei dem der Meßwert als Funktion der Zeit aufgeschrieben werden kann. Als Dosierglied werden Kolbenbüretten mit 5, 10 oder 20 ml Inhalt verwendet. Die Titrationsgeschwindigkeit kann zwischen 0,08 ml/min und 5 ml/min beliebig

## Drei wichtige Punkte

- FÜR HEUTE FERTIGEN
- FÜR MORGEN ENTWICKELN
- FÜR ÜBERMORGEN FORSCHEN



Empfänger- und Verstärkerröhren  
Fernseh-Bildröhren  
Germanium-Dioden  
Silizium-Dioden  
Transistoren  
Spezialröhren  
Mikrowellen-Röhren  
Oszillographen-Röhren  
Klein-Thyratrons  
Kaltkathoden-Röhren  
Photozellen  
Stabilisatoren  
Senderröhren  
Vakuum-Kondensatoren



# TELEFUNKEN

## TELEFUNKEN-RÖHREN UND - HALBLEITER

immer zuverlässig und von hoher Präzision. Sie vereinen in sich alle technischen Vorzüge, die TELEFUNKEN in einer fast 60 jährigen steten Fortentwicklung erarbeitet hat.

TELEFUNKEN  
RÖHREN-VERTRIEB  
ULM - DONAU

geändert werden. Als Meßbereiche stehen 5, 10 oder 14 pH beziehungsweise 250...2000 mV je 250 mm Skalenlänge zur Verfügung. Eine eingebaute Schaltung gestattet die Aufnahme des ersten Differentialquotienten der Titrationskurve ( $dE/dt$ ).

ELRU-Information 360

### Feuchtigkeitsregler „Hygrotester“

Für die Formsandaufbereitung, deren wichtigster Faktor die Einhaltung eines absolut gleichmäßigen Feuchtigkeitsgehaltes ist, eignet sich besonders der „Hygrotester“ der Firma *Paul Lippke*. Feuchtigkeitsänderungen von 0,5% beeinträchtigen bereits erheblich die Qualität des Sandes (Standfestigkeit, Glätte, Gashaltungsvermögen) und damit des gußfertigen Stückes. Der „Hygrotester“ arbeitet nach dem Prinzip der dielektrischen Messung mit Hochfrequenz und bietet eine bisher unerreichte Meßgenauigkeit und mittels der dazugehörigen Wasserregelung eine Wasserkonstanthaltung auf  $\pm 0,3\%$  genau im Bereich 0...7%.

ELRU-Information 361

### Zielsteuerung für Transportbahnen

Bei Transportanlagen besteht häufig die Aufgabe, Wagen, die über die ganze Strecke laufen sollen, an bestimmten Punkten aus der Linienführung auszurangieren. Zu diesem Zweck hat *Visomat* eine Zielsteuerung entwickelt, bei der durch Reflexabstastsysteme Reflektoren an den einzelnen Wagen abgetastet werden, die durch Zielkanten mit ausgestanzten Ausschnitten abgedeckt sind. Die Reflexabstastgeräte sind an ein kontaktloses Schaltgerät mit logischer Schaltungsverknüpfung angeschlossen, das nur anspricht, wenn an den Reflexlichtstrahlern die vorbestimmte Kombination vorüberläuft. Alle anderen Wagen passieren die Abstaststelle und die von ihr beeinflusste Weiche, ohne auszuscheren. Es sind auch höhere Kombinationen möglich, so daß jede größere Weichenzahl bewältigt werden kann. An jeder Weiche muß sich eine Abtasterkombination mit einem Schaltgerät befinden. Das Schaltgerät betätigt die Weiche über eine elektronische Zeitschalteinrichtung. Sollen an einer Stelle alle vorüberfahrenden Fahrzeuge nach ihrem programmierten Ziel gezählt oder angezeigt werden, ist es möglich, über einen Codewandler soviel Zählwerke oder Ausgangstableaus zu betätigen, wie Ansprachen in der Anlage möglich sind. Die Verwendung dieser Zielsteuerung beschränkt sich nicht auf Bahnen, sondern kann an Fahrzeugen aller Art oder auch in Verpackungssystemen nützliche Anwendung zur Produktionskontrolle und Statistik finden.

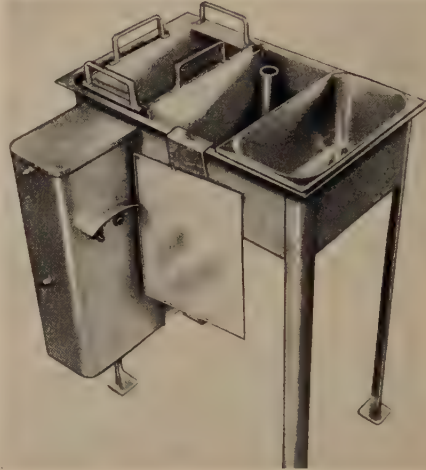
ELRU-Information 362

### Druckwächter „ZR-WD“

Der *Siemens*-Druckwächter „ZR-WD“ besteht aus einem Druckgeber mit induktivem Abgriff, einem Transistor-Schaltgerät und gegebenenfalls einem Stromversorgungsgerät. Ein Zeiger gibt den von der Druckskala auf der Vorderseite des Gebergehäuses ablesbaren Istwert an, das heißt den tatsächlichen Druck an der Meßstelle. Mit Hilfe einer Transistor-Wechselstrombrückenschaltung und eines zweistufigen Transistorverstärkers wird ein Relais mit Schutzgaskontakten geschaltet, wenn der obere oder untere Grenzwert überschritten wird. Der Druckwächter hat einen Ansprechfehler von  $1\%$  des Gebermeßbereiches. Die Schaltdifferenz, das heißt die Differenz zwischen dem Ansprechen und dem Abfallen des Wächters, ist etwa 0,5% vom Skalenendwert. Der kleinste Meßbereich des Druckwächters reicht von 0...1  $\text{kp/cm}^2$ , der größte von 0...400  $\text{kp/cm}^2$ .

ELRU-Information 363

### Hochwirksame Reinigungsanlage für Metallteile



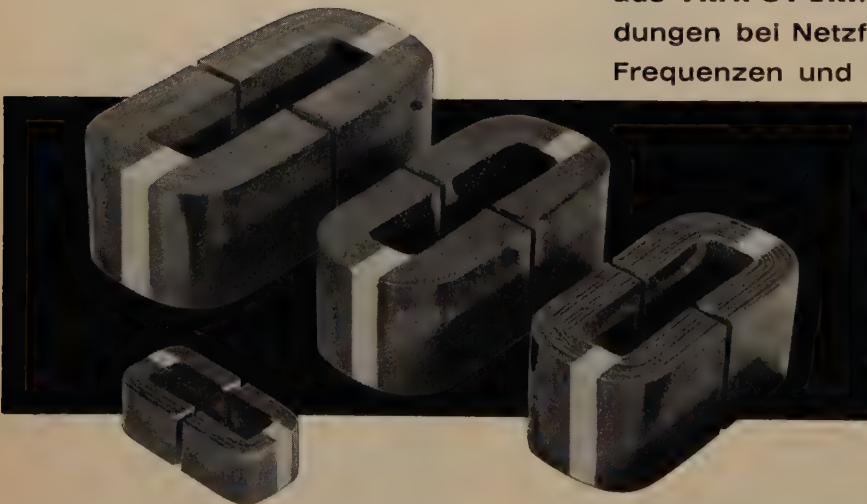
Eine nach einer einfachen und billigen Methode arbeitende Reinigungsanlage für kleine Metallteile beliebiger Form liefert die *Pall Corp.*, New York. Rostfreier Stahl, Messing, Aluminium, Nickel und viele andere Metalle erhalten eine glänzende Oberfläche. Auch Oxyde und Flußmittel, Firnisse und Farben werden entfernt. Das Gerät hat weder bewegte Teile noch Elektronenröhren, sondern arbeitet lediglich mit Spezial-Pall-Lösungen, die sehr wirksame und reinigende Chemikalien enthalten.

ELRU-Information 364

## SCHNITTBANDKERNE

**VAC**  
VACUUMSCHMELZE

aus **TRAFOPERM® N2/OR** für Anwendungen bei Netzfrequenz, bei höheren Frequenzen und bei Impulsbetrieb.

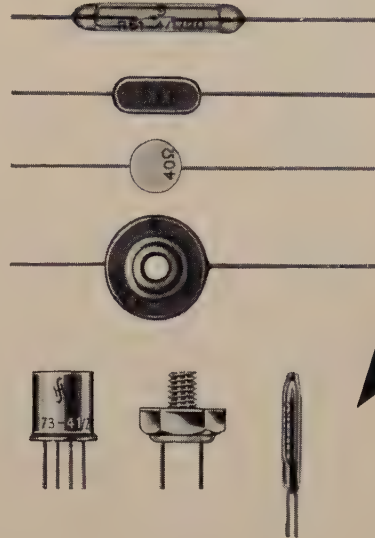


Geringes Gewicht und  
Einbauvolumen  
Große Streuarmut  
Einfache Montage  
Hohe Belastbarkeit

® eingetragenes Warenzeichen

VACUUMSCHMELZE AKTIENGESellschaft · HANAU

# HALBLEITER



## Agfa Video-Magnetband für magnetische Bildaufzeichnung

Als Ergebnis ihrer jahrelangen Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der magnetischen Bildaufzeichnung stellte die *Agfa* das Video-Magnetband für Fernseh-Bild und -Ton nach dem *Ampeex*-Verfahren vor. An das Magnetband werden hier besondere Anforderungen gestellt: Mit einer Relativgeschwindigkeit von 140 km/h schleift der rotierende Magnetkopf über die Bandoberfläche. Magnetschicht und ebenso die Unterlage müssen den auftretenden mechanischen und thermischen Einwirkungen widerstehen, damit die geforderte Maßhaltigkeit selbst nach hunderterten von Abspielungen unverändert bleibt. Die Bänder werden aus reiß- und hitzefestem Polyester hergestellt und sind durch spezielle Lackbindemittel absolut abriebfest.

## Germanium-Tunneldioden von Siemens

*Siemens & Halske* bietet vier Typen von Germanium-Tunneldioden an, für die bei 25°C Umgebungstemperatur folgende Daten gelten:

Typ	$C_{min}$ [pF]	$R_n$ [Ω]	$R_s$ [Ω]	$I_1$ [mA]	$I_1/I_2$
rot	< 25	< 250	< 3	$0,5 \pm 0,25$	5
gelb	< 50	< 250	< 2	$1,0 \pm 0,4$	5
grün	< 100	< 150	< 1,8	$1,2 \pm 0,5$	4
blau	< 200	< 100	< 1,5	$1,5 \pm 0,5$	4

Hierin bedeuten  $C_{min}$  Sperrschichtkapazität im Stromminimum,  $R_n$  Absolutbetrag des negativen Widerstandes im steilsten Punkt der Kennlinie,  $R_s$  Serienwiderstand,  $I_1$  Strom im Maximum,  $I_1/I_2$  Sprungverhältnis (Strom im Maximum zu Strom im Minimum der Kennlinie). Die Spannung  $U_1$  beim Strommaximum  $I_1$  ist etwa 55 mV, die Spannung  $U_2$  beim Stromminimum  $I_2$  etwa 250 mV, die Gehäuseinduktivität  $L_0$  etwa 1 nH und die zulässige Verlustleistung  $Q_{max}$  20 mW. Die Tunneldioden sind für einen Temperaturbereich von 50...75°C zugelassen. Der zur Kennzeichnung der vier Typen gewählte Farbpunkt kennzeichnet gleichzeitig den Katodenanschluß.

## Briefpost per Funk

Die *International Telephone and Telegraph Corp. (ITT)*, zu der in Deutschland auch die *Standard Elektrik Lorenz AG* gehört, hat für das amerikanische Postministerium ein neues, elektronisches Briefpost-Übermittlungssystem entwickelt. Die Briefe werden beim Aufgabe-Postamt in einer Maschine mechanisch geöffnet, der Text wird elektronisch „gelesen“ und mit Hilfe von Impulsen zum Empfangs-Postamt übertragen. Dort entsteht aus den Impulsen eine genaue Kopie der Original-Mitteilung, die maschinell gefaltet, in einen Umschlag gesteckt und verschlossen wird. Für die Übermittlung der Impulse kann auch eine Übertragungsstrecke mit Nachrichtensatelliten benutzt werden. Dieses Postschnellsystem arbeitet bereits zwischen Washington, Chicago und Battle Creek (Michigan).

## Industrie-Fernsehkamera zur Beobachtung der Schienenabnutzung

In den scharfen Kurven der Eisenbahnlinie zwischen Umtali und Salisbury in Südrhodesien wurde ungewöhnlich hoher Schienenverschleiß festgestellt. Um die Arbeit der Räder beim Kurvenlauf zu beobachten, hat die *Rhodesian Railways* eine *Marconi*-Industrie-Fernsehkamera auf einer Lokomotive befestigt. Die Kamera ist dabei nur wenige Zoll von den Rädern und den Schienen entfernt. In einem mitgeführten Sonderwagen befindet sich ein Fernsehempfänger, auf dessen Bildschirm sich die Bewegungen der Räder genau verfolgen lassen. Die Kamera wurde in mehrere verschiedene Stellungen gebracht, so daß nacheinander alle Räder überwacht werden konnten.

## Halbleiterdioden in Kraftfahrzeug-Lichtmaschinen

Die zunehmenden Haltezeiten der Kraftfahrzeuge während des Berufsverkehrs in den Großstädten (etwa 30% der Fahrzeit) gefährden die Aufladung der Batterie besonders in der kalten Jahreszeit, weil die bisher meist verwendeten Gleichstrom-Lichtmaschinen bei der niedrigen Leerlaufdrehzahl des Motors wegen der Kommutierungsschwierigkeiten nicht genügend Leistung abgeben. Es sind daher bei *Bosch* Wechselstrommaschinen entwickelt worden, denen man den Strom der Statorwicklung entnimmt, mit Halbleiterdioden gleichrichtet und der Batterie zuführt. Die Erregerleistung gelangt über Schleifringe in den Rotor.

## Georgii-Kobold von Stuttgart nach Leinfelden übersiedelt

Die *Georgii-Kobold-Elektromotoren-Apparatebau GmbH* hat ihre Zentrale von Stuttgart nach Leinfelden bei Stuttgart verlegt und die Stuttgarter Betriebsstätten und Büros in einem Neubau in Leinfelden zusammengefaßt. Sie beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung ihrer Erzeugnisse, insbesondere der Bremsmotoren, und der Ausweitung der Produktion in den Werken Leinfelden und Horb/Neckar. Zu ihrer Entlastung hat die Muttergesellschaft, die *Georgii-Kobold August Heine KG*, mit Wirkung vom

## Präzis und zuverlässig:

## Siemens-Heißleiter THERNEWID

In der modernen Elektronik werden Siemens-Heißleiter in zunehmendem Maße verwendet. In Transistorschaltungen und kommerziellen Verstärkern ist der THERNEWID ein wichtiges Stabilisierungselement. Aber auch für viele andere Anwendungsgebiete, z. B. für die Meß- und Regelungstechnik, für Steuerungsschaltungen und für Relaisverzögerung, halten wir passende Typen bereit:

### Meßheißleiter

### Kompensationsheißleiter

### Anlaß- und Regelheißleiter

### Fremdgeheizte Heißleiter

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESellschaft  
WERNERWERK FOR BAUELEMENTE

1. Januar 1961 den Verkauf ihrer unter der Markenbezeichnung Georgii-Kobold bekannten Produkte aufgenommen.

#### EMI-Auswuchtmaschinen für die Schalltechnik

Die Hi-Fi-Technik und die Fortschritte auf dem Gebiet der Schallaufzeichnung und Klangwiedergabe stellen erhöhte Anforderungen an die Laufwerke von Aufnahme- und Wiedergabegeräten. Die *Birmingham Sound Reproducers Ltd.*, eine der größten Herstellerfirmen von Plattenspieler und Bandgeräten, hat 30 von der *EMI* gelieferte Auswuchtmaschinen aufgestellt, um die mit 3000 U/min umlaufenden Rotoren mit der notwendigen Präzision herstellen zu können. Mit diesen *EMI*-Maschinen können Drehkörper bis auf 10 mg genau bei einem Radius von nur 1 cm ausgewuchtet werden. Auch für kleinere Turbinen und Rotoren mit weniger als 30 g Gewicht sind solche Maschinen lieferbar.

#### AEG-Tochtergesellschaft im Iran gegründet

Da die Geschäftsbeziehungen der *Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft* zum Iran immer umfangreicher wurden, hat die *AEG* zusammen mit iranischen Partnern eine eigene Tochtergesellschaft in Teheran gegründet.

#### Zusammenarbeit zwischen ITT und Texas Instruments auf dem Halbleitergebiet

Um der steigenden Nachfrage nach Halbleiter-Bauelementen im Firmenverband der *International Telephone and Telegraph Corporation (ITT)* gerecht zu werden, haben die *ITT* und die *Texas Instruments Inc.*, USA, ein Abkommen getroffen, das engste Zusammenarbeit auf dem Halbleiter-Bauelementegebiet gewährleistet. Dieses Abkommen dürfte für den europäischen Markt von erheblicher Bedeutung sein. Unabhängig davon plant die *SEL* einen weiteren Ausbau ihres Bauelementewerkes *SAF*, Nürnberg, um den erhöhten Bedarf an Halbleitern decken zu können.

#### Mond Nickel Comp. in International Nickel Comp. (Mond) umbenannt

Die *Mond Nickel Comp., Ltd.*, eine Tochtergesellschaft der *International Nickel Comp. of Canada, Ltd.*, hat mit Wirkung vom 28.2.1961 ihren Firmennamen in *International Nickel Comp. (Mond), Ltd.* geändert. Gleichzeitig wird damit die enge Verbindung zu der kanadischen Gesellschaft und deren Tochtergesellschaft in den USA, der *International Nickel Comp., Inc.*, unterstrichen. Die *International Nickel Comp.* ist seit vielen Jahren

der führende Nickelproduzent der Welt und hat auch einen erheblichen Anteil an der Kupfer- und Edelmetallerzeugung.

#### UNIVAC-Rechenzentrum in Köln eröffnet

Die *Remington Rand GmbH*, Frankfurt am Main, hat in Köln ein Rechenzentrum eröffnet, das mit der modernen elektronischen Datenverarbeitungsanlage *UNIVAC UCT-System* ausgestattet wurde. Die Gesellschaft, die in Frankfurt am Main ein weiteres Rechenzentrum mit *UNIVAC UCT-System* unterhält, will mit dem Kölner Rechenzentrum insbesondere ihre im Rhein-Ruhr-Gebiet ansässigen Kunden bedienen. Daneben soll das Rechenzentrum mit seinen Einrichtungen auch der Ausbildung und Schulung des Bedienungspersonals elektronischer *UNIVAC*-Rechenanlagen dienen.

#### Neues Frankfurter Büro der Firma Ing. Günther Ziegler

Das Frankfurter Büro der Firma *Ing. Günther Ziegler*, Industrie-Elektronik und Automatik, Langen/Hessen, ist jetzt unter neuer Anschrift zu erreichen: Frankfurt am Main, Brückhofstraße 5 (Tel. 28 197).

#### Perutz zu je 50% bei Böhrlinger und bei Bayer

Die *C. F. Böhrlinger & Söhne GmbH*, Mannheim-Waldhof, die alleinige Gesellschafterin der Firma *Perutz Photowerke GmbH*, München, hat mit der *Farbenfabriken Bayer AG* eine Vereinbarung getroffen, nach der *Bayer* 50% der Gesellschaftsanteile von *Perutz* übernimmt. Hierzu wird das Stammkapital von *Perutz* von derzeit 12 Mill. DM auf 24 Mill. DM erhöht, wobei die neuen Geschäftsteile von *Bayer* übernommen werden. Zweck dieses Zusammengehens ist ein enger technischer Erfahrungsaustausch zwischen *Perutz* und *Agfa*, einer 100prozentigen Tochtergesellschaft von *Bayer*, um bestmögliche Qualität zu erreichen. Die Selbständigkeit der Firma *Perutz*, insbesondere hinsichtlich des Vertriebes ihrer Produkte, wird durch die neue Vereinbarung nicht berührt.

#### Valvo senkt Preise für Ziffernanzeigeröhre Z 510 M und für GM-Zählrohre

Anlässlich der *INTERKAMA 1960* zeigte sich besonders deutlich, zu welchem Umfang sich die digitale Meßtechnik bereits entwickelt hat und welche zukünftigen Möglichkeiten für die Anwendung der dekadischen Ziffernanzeige auch außerhalb der Steuerungs-, Regelungs- und Meßtechnik noch unerschlossen sind. Die außerordentliche Nachfrage, die die im April 1960 von der *Valvo GmbH* herausgebrachte Ziffernanzeigeröhre

## KALTKATHODEN-RELAISRÖHREN

für zuverlässige elektronische Geräte

Kaltkathoden-Relaisröhren gehören zu den modernsten elektronischen Schaltelementen.

Cerberus Relaisröhren besitzen Reinmetallkathoden und bieten deshalb besondere Vorteile:

- Lange Lebensdauer
- Hohe Zuverlässigkeit
- Temperaturunabhängigkeit
- Kleine Streuungen
- Hohe Eingangsimpedanz
- Ausgezeichnete Stabilität
- Einfache, übersichtliche Schaltungstechnik
- Sichtbarkeit des Schaltzustandes
- Unempfindlichkeit gegen Ueberlastungen

#### Anwendungen:

**Elektronische Relais** (Steuerung durch feinste oder hochohmige Kontakte, kleinste Ströme, schwach leitende Flüssigkeiten für Niveauekontrolle etc.)

**Lichtrelais** (Steuerung durch Photozellen und Photowiderstände in Dämmerungsschaltern, Ölfeuerungsautomaten, Lichtschranken etc.)

**Zeitrelais und Programmsteuerungen**

**Überwachungseinrichtungen** (z. B. Spannungsüberwachung)

**Automatiksaltungen** (z. B. Zähler, Auswahlaltungen, Maschinensteuerungen)

Verlangen Sie unsere ausführlichen Datenblätter und Schaltungsbeispiele.

**Cerberus AG Männedorf Tel. 051/74 15 55**



In Westdeutschland Alfred Neye, ENATECHNIK, Darmstadt, Elisabethenstr. 17, Ruf: 76369, FS: 0419357

Z 510 M gefunden hat, ermöglichte es nun, den Listenpreis von bisher 35,— DM auf 25,— DM zu senken.

Für das vor einigen Jahren auf den Markt gebrachte beta-empfindliche Fensterzählrohr 18504, das sich inzwischen als internationaler Standard-Typ eingeführt hat, wurde inzwischen eine leistungsfähige Großserien-Fertigung aufgebaut, so daß die Gestehungskosten wesentlich gesenkt werden konnten. Ab sofort beträgt deshalb der Preis für das G.M.-Zählrohr 18504 nur noch 66,— DM (bisher 85,— DM). Auch einige andere *Valvo*-Zählrohre sind im Preis zum Teil erheblich herabgesetzt worden.

## Deutsche Industrie-Messe Hannover im Film

Vor über 600 geladenen Gästen wurde am 8. Dezember 1960 in Berlin der Farbfilm „Hannover-Messe“ aufgeführt. Es ist der vierte Film, den die Deutsche Messe- und Ausstellungs AG seit 1950 herstellen ließ. Er wurde während der Messe 1960 von der *Bavaria-Filmkunst AG*, München, unter der Regie von Dr. Christian Hallig gedreht und vermittelt einen nachhaltigen Eindruck von dem Angebot der 4800 Aussteller, dem Umfang und den wirtschaftlichen Auswirkungen der Messe. In abwechslungsreichen Einstellungen und lebhaften Bildfolgen zeigt er die Möglichkeiten dieses Messeplatzes, dessen Weltruf bei Käufern und Ausstellern auf der ausgesprochenen Zweckmäßigkeit beruht, die alle Aussteller streng nach Branchen getrennt zusammenfaßt und damit den Besuchern das Angebot jeder Branche in konzentrierter Form vorstellt.

Wie Dipl.-Ing. Ernst Pätzold, Vorstandsmitglied der *Deutschen Messe- und Ausstellungs-AG*, ausführte, wird dieser in acht Fremdsprachen vorliegende Film von 30 Minuten Spieldauer besonders für die Messewerbung im Ausland eingesetzt. Er wurde unter anderem im Rahmen der Deutschen Industrie-Ausstellung in Teheran gezeigt sowie in Frankreich, Großbritannien, Portugal und verschiedenen Ländern Afrikas. In den nächsten Wochen und Monaten folgen Vorführungen in Italien, Spanien, der Vereinigten Arabischen Republik, in Indonesien, Australien, Singapur, Japan sowie in verschiedenen Ländern Zentral- und Südamerikas. Besondere Bedeutung kommt diesem Film auch im Zusammenhang mit dem zur Hannover-Messe 1961 geplanten nordamerikanischen Wirtschaftstag zu. Der Film wurde in den vergangenen Wochen und Monaten in den wichtigsten Handelszentren Kanadas und der USA gezeigt.

## Normung der Atelier-Technik

Der Fachnormenausschuß Kinotechnik (FAKI) im Deutschen Normenausschuß (DNA) nimmt jetzt auch das sehr wichtige Gebiet der Normung der Ateliertechnik in seinen Arbeitsplan auf. Auf Veranlassung von G.

Treibtsch, *Real-Film*, hat sich ein Arbeitsausschuß „Ateliertechnik“ konstituiert. Der Arbeitsausschuß hat Anfang Dezember 1960 seine Tätigkeit unter der Leitung von Dipl.-Ing. R. Fehrmann aufgenommen und das Arbeitsprogramm für die nächste Zeit festgelegt. G. Treibtsch wirkt als ständiger Berater mit, was vom FAKI-Vorsitzenden L. Mayer, *Perutz*, besonders begrüßt wurde.

Die Aufgabe erstreckt sich auf die Vereinheitlichung von Bühnenbauteilen, aber auch neue Techniken werden diskutiert, wie zum Beispiel die Verwendung von Stahlrohren beim Bühnenbau und die von H. Friess in seinen Vorträgen vor der *Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft* gegebenen Anregungen, die sich auf die Erhaltung des Atelierfundus durch genormte Teile beziehen, wobei die bisherige „Nageltechnik“ durch Spezialklammern für die Bauteile ersetzt werden soll.

Zunächst wurden vom Ausschuß folgende Normungsvorschläge behandelt:

Bühnenbau in den Filmateliers	(Anträge der <i>UFA</i> , Berlin),
Bühnenbau beim Fernsehen	(Anträge der <i>Bavaria</i> , München),
Elektrotechnik	(Anträge von <i>Arnold &amp; Richter</i> , München),
Tontechnik	(Anträge der <i>Real-Film</i> , Hamburg).

Die Arbeiten gehen zügig voran. So konnten schon Festlegungen für Praktikabel und Brückenplatten sowie Blenden erfolgen, für die die ersten Normblattentwürfe bald erscheinen werden.

Diese Gemeinschaftsarbeit umfaßt alle deutschen Film- und Fernseh-Ateliers und wird in erster Linie die Austauschbarkeit der Bauteile ermöglichen.

## Siemens lieferte das 300. Elektronenmikroskop

Vor einiger Zeit konnte das Wernerwerk für Meßtechnik der *Siemens & Halske AG* das 300. Elektronenmikroskop, Typ „ELMISKOP I“, ausliefern.

## Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie

Die diesjährige Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie findet vom 24. bis 27. September 1961 im Anatomischen Institut der Universität Kiel statt. Anfragen sind zu richten an: Dr. H. Kehler, p. Adr. *Farbwerke Hoechst AG*, Frankfurt a.M. — Hoechst.

## Internationaler Kongreß für Elektronenmikroskopie

Der 5. (alle vier Jahre abgehaltene) Kongreß der International Federation of Electron Microscopy Societies findet vom 29. August bis zum 5. Sep-

... alle Geräte für den Nachrichten-Weitverkehr

**FELTEN & GUILLEAUME FERNMELDEANLAGEN** GM BH

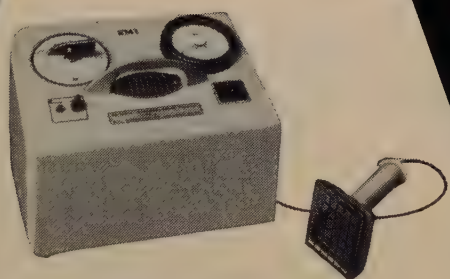
N Ü R N B E R G

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU Nr. 3/1961



## EMI PHOTOVERVIELFACHER

Das Herz der modernen  
leistungsfähigen Strahlungs-Monitors



EMI Tragbarer Strahlungs-Monitor

Der mit einer der vielen lieferbaren EMI Photovervielfachertypen bestückte Szintillationszähler ist zweifellos in Leistungsfähigkeit, Empfindlichkeit und Eignung das universell nützlichste Gerät zum Nachweis und zur Messung von Alpha-, Beta- und/oder Gamma-Strahlung.

Das EMI Fertigungsprogramm für Photovervielfacher ist wahrscheinlich das umfassendste der Welt. Ausser Standardtypen einer umfangreichen Liste, die die Anforderungen aller hauptsächlich photoelektronischen Zwecke bestens erfüllen, können für Sonderaufgaben Spezialröhren hergestellt werden. Bitte schicken Sie uns Ihre Anfragen — unser Entwicklungsteam arbeitet jederzeit gern mit Ihnen zusammen.



**EMI ELECTRONICS LTD**

VALVE DIVISION • HAYES • MIDDLESEX • ENGLAND

Fernruf: Southall 2468 Drahtwort: Emldata, London

tember 1962 in Philadelphia statt. Anfragen sind zu richten an: Fifth International Congress for Electronic Microscopy, 7701 Burholme Avenue, Philadelphia 11, Penn., USA.

### NTG-Fachtagung „Zuverlässigkeit von Bauelementen“

Vom 26. bis 28. April 1961 findet in Nürnberg die Fachtagung „Zuverlässigkeit von Bauelementen“ der Nachrichtentechnischen Gesellschaft statt, auf der bekannte Fachleute zu diesem Thema eine Reihe von Vorträgen halten, wobei Röhren und Halbleiter im Vordergrund stehen. Der letzte Tag ist für Besichtigungen einiger Großfirmen im Raum Nürnberg vorgesehen.

### ACHEMA-Jahrbuch 1959/1961

Das ACHEMA-Jahrbuch 1959/1961 (herausgegeben von H. Bretschneider), das soeben fertiggestellt wurde, erscheint im Format DIN A 4 als viersprachiges Werk in Deutsch, Englisch, Französisch und Spanisch und bringt im Band I neben einem allgemeinen Teil die Berichte von 106 europäischen Instituten, die auf den Gebieten der technischen Chemie und des chemischen Apparatewesens in Lehre und Forschung tätig sind. Der Band II nennt die mehr als 1200 ausstellenden Teilnehmer der ACHEMA 1961 aus 15 Ländern unter Angabe ihrer Erzeugnisse und ihres Ausstellungsstandes und gibt Auskunft darüber, wer welche Erzeugnisse liefert.

## PERSÖNLICHES

### Direktor P. Göhre 60 Jahre

Am 14. Februar 1961 beging der kaufmännische Geschäftsführer der *Frieske & Hoepfner GmbH*, Paul Göhre, seinen 60. Geburtstag. Von 1923 bis 1939 gehörte er der Firma *Junkers* in Dessau an und war zuletzt Prokurist und kaufmännischer Direktor der Hauptverwaltung der *Junkers-Flugzeug- und Motorenwerke AG*. Am 1.8.1939 trat er in die damals gegründete *Frieske & Hoepfner OHG*, Babelsberg und Breslau, als kaufmännischer Direktor für beide Werke ein. Als infolge der Kriegereignisse diese Werke verloren gingen, stand nur noch das dritte Werk der Firma in Erlangen-Bruck zur Verfügung, dessen kaufmännischer Geschäftsführer und Direktor er 1957 wurde.

### Direktor Kenter 25 Jahre bei Telefunken

Sein 25jähriges Dienstjubiläum bei der *Telefunken GmbH* feierte am 1. Februar Direktor Karl Kenter, Leiter des Anlagenwerkes Ulm. Von seinem Eintritt bis zum Kriegsende war er in leitender Stellung als Fabrikationsingenieur tätig. 1950 übernahm er die technische Leitung des damaligen Rundfunkwerkes Berlin in der Swedenstraße. Der Vorstand des Unternehmens ernannte ihn 1954 zum Betriebsdirektor. Mit der technischen Leitung des Anlagenwerkes Ulm wurde er 1956 betraut.

### H. Lindorf 25 Jahre im Dienste der AEG

Heinrich Lindorf, Chefkonstrukteur der Fabrik für Meßgeräte, Regler und Relais in Heiligenhaus, kam vor 25 Jahren zur *AEG*. In Fachkreisen ist H. Lindorf durch seine Mitarbeit in verschiedenen Normungsausschüssen bekannt geworden sowie durch sein Buch „Technische Temperaturmessungen“ und eine Reihe von Aufsätzen und Vorträgen.

### Direktor Knappe Vorstandsmitglied bei DeTeWe

Durch Beschluß des Aufsichtsrats der *DeTeWe — Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie Aktiengesellschaft*, Berlin — ist Direktor Dipl.-Ing. Heinz Knappe zum stellvertretenden Vorstandsmitglied bestellt worden. Im Hause *DeTeWe* wird sich Direktor Knappe hauptsächlich der technischen Entwicklung und des Vertriebes an die Deutsche Bundespost annehmen.

### W. Bertram stellvertretendes Vorstandsmitglied der Continental Elektroindustrie AG

Dr.-Ing. Werner Bertram, der bisher dem Direktorium der Gesellschaft angehörte, wurde mit Wirkung vom 1.1.1961 zum stellvertretenden Mitglied des Vorstandes der *Continental Elektroindustrie AG* bestellt.

### Siemens-Ring für Otto Bayer, Walther Reppe und Karl Ziegler

Der Stiftungsrat der Siemens-Ring-Stiftung hat beschlossen, nach vierjähriger Pause den Siemens-Ring gleichzeitig drei Wissenschaftlern in Anerkennung ihrer Verdienste in der Kunststoff-Forschung zu verleihen: Prof. Dr. Otto Bayer (Bayerwerk Leverkusen), Prof. Dr. Walther Reppe (*BASF*) und Prof. Dr. Karl Ziegler (Max-Planck-Institut für Kohleforschung, Mülheim/Ruhr). Die feierliche Übergabe des Ringes, den seit Bestehen der Stiftung (1916) zehn hervorragende Ingenieure und Wissenschaftler erhalten haben, erfolgt am 13. Dezember 1961.

### Ergänzung

**R. Dick: Ein Prüfsender für S-Band-Radargeräte**, Nr. 2/1961, S. 54–56. Die Bildunterschrift zu Bild 5 auf Seite 55 ist um folgenden Satz zu erweitern: Die gestrichelte Kurve gilt für minimale, die ausgezogene Kurve für mittlere und die strichpunktierte Kurve für maximale Gitter-Katodenkapazität.

# FD1

## SERVICE FREQUENZMESSER

Ein Gerät, das für alle Aufgaben der genauen Frequenzmessung und Frequenzerzeugung Verwendung findet.

Frequenzbereich: 1 kHz ... 920 MHz  
Genauigkeit:  $1 \cdot 10^{-6} \pm 50$  Hz  
Empfindlichkeit (als Frequenzmesser): ca. 2 mV  
Ausgangsspannung (als Generator): ca. 10 mV an 60  $\Omega$   
Abmessungen: (25 x 27 x 55 cm)  
Geringes Gewicht. (20 kg)



- großer Frequenzbereich
- dekadische Ablesung
- leicht transportabel
- höchste Genauigkeit

**SCHOMANDL · K · G ·**

München 8

Belfortstraße 6-8

# Pfeiffer

## Turbo-Molekular-Pumpe

**TVP 500**

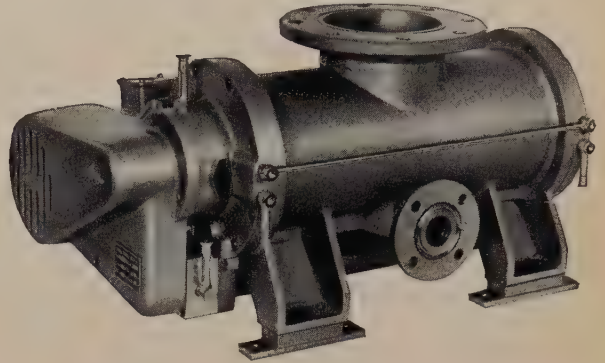
Dampffreies Hochvakuum

Totaler ENDDRUCK KLEINER ALS  $10^{-10}$  Torr

Sauggeschwindigkeit 140 l/sec

im Bereich von  $10^{-2} \dots 10^{-8}$  Torr

Betriebssicher und unempfindlich



10 : 1

**Arthur Pfeiffer GmbH · Hochvakuumtechnik**  
Wetzlar (Lahn)

# UHU-plus

## weist neue Wege

chemisches Schweißen

**UHU-plus - ein Super-Klebstoff für Metallverbindungen.**

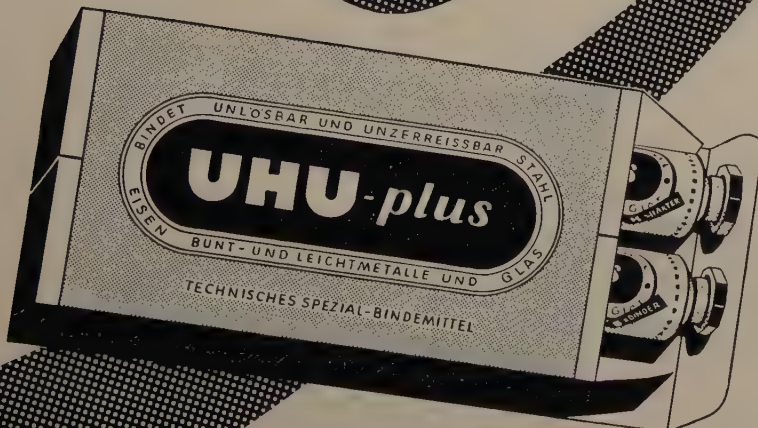
Dieser Zweikomponentenkleber auf Kunstharz-basis (Harz und Härter) ist das ideale Bindemittel, um diejenigen Werkstoffe miteinander und untereinander zu verkleben, deren Oberflächenbeschaffenheit bisher das Kleben schwierig oder gar unmöglich machte; z. B.

**Stahl, Eisen, Aluminium, Buntmetalle, gehärtete Kunststoffe, vulkanisierten Gummi, Glas, Porzellan, Steingut und andere Hartmaterialien.**

Die Bindungen erreichen Zug-Scherfestigkeiten bis zu 3,0 kg/mm<sup>2</sup> und übertreffen teilweise Niet-, Löt- und Schweißverbindungen. Die Klebungen sind widerstandsfähig gegen Wasser, Benzin, Öl, verdünnte Säuren und Laugen. UHU-plus ist der einzige Kleber dieser Art (auf Epoxdharzbasis), der kalt oder heiß aushärtet. Er greift die Haut nicht an und ist völlig ungiftig.

**Mit UHU-plus — aus einem Guß**

UHU-WERK H. u. M. FISCHER BÜHL/BADEN



## Stellenanzeigen

**Chiffreanzeigen** Adressierung wie folgt: Chiffre . . . ELEKTRONISCHE  
RUNDschau, Bln.-Borsigw., Eichborndamm 141-167



**Röntgen-  
Bildverstärkertechnik  
Kinotechnik in der Medizin  
Schnellserientechnik**

**Fernsehtechnik in der Medizin**

Diese modernen und zukunftssträchtigen  
Arbeitsgebiete wollen wir vielseitigen

**Physikern und Ingenieuren  
mit guten elektronischen Kenntnissen**

anvertrauen. Interessante Aufgaben  
finden hier auch fähige

**Fernseh- und Kinotechniker**

Da diese Tätigkeiten gelegentliche Aus-  
landreisen bedingen, sind Sprach-  
kenntnisse erwünscht.

Gelegenheit zu gründlicher Einarbeitung  
ist gegeben. Wohnungsfragen werden gelöst.

Bitte senden Sie Ihre Bewerbung mit den  
üblichen Unterlagen an die Personal-  
abteilung für Angestellte der

**SIEMENS-REINIGER-WERKE AG**  
Erlangen · Luitpoldstraße 45-47

# ZIMMER

Für unser physikalisches Entwicklungslabor

SUCHEN WIR

## ELEKTRONIKER TECHNIKER und LABORANTEN

denen alle Möglichkeiten geboten werden, unkonventionell  
und erfolgreich zu arbeiten. Die Aufgaben sind interessant  
und vielseitig:

**Entwicklungsarbeiten auf dem  
Gebiet der Meßelektronik**

Bitte, unterrichten Sie uns über Ausbildung, bisherige Arbeits-  
gebiete und Gehaltswünsche unter Kennzeichen „EL“.

**HANS J. ZIMMER · Verfahrenstechnik**  
FRANKFURT am Main, Borsigallee 1-7

Für interessante Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiete  
elektromechanischer und elektronischer  
Buchungs- und Fakturiermaschinen

suchen wir

## einen Fernmeldetechniker

welcher die Technik der Relaischaltungen beherrscht  
und Erfahrungen in der Ausarbeitung von Bauschalt-  
plänen für umfangreiche Relaissteuerungen hat.

Weiter suchen wir

## einen Detailkonstrukteur und einen Technischen Zeichner(in)

Wir bieten eine zeit- und leistungsgerechte Dotierung sowie  
Hilfe bei der Wohnungsvermittlung.

Angebote, die von uns diskret behandelt werden, erbitten wir  
baldmöglichst.

# SIEMAG

**FEINMECHANISCHE WERKE GMBH.**  
Eiserfeld/Sieg

**Diplom-Ingenieur**  
(Hochfrequenz-Technik)

für die elektronische Entwicklung wis-  
sensschafflicher Apparate gesucht.  
Übliche Bewerbungsunterlagen unter  
Angabe des frühesten Eintrittstermins  
erbeten an:  
**Dr. Virus KG, Bonn, Rosenburgweg 20**

## ELRU - Informationen

Wünschen Sie ausführliche Informationen über die in diesem Heft besprochenen Geräte und Anlagen oder über die im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse?

Dann geben Sie uns bitte auf anhängender Karte durch Ankreuzen der jeweiligen Kennzahlen Ihre Wünsche bekannt. Wir geben Ihre Wünsche gern kostenlos und ohne Verbindlichkeiten für Sie an die Hersteller weiter.



ELRU - Informationen

### ELRU - Informationen

Ich wünsche unverbindlich weitere Informationen über die Erzeugnisse, deren Kennzahlen angekreuzt sind, sowie über folgende im Anzeigenteil angekündigte Geräte und Anlagen.

341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360  
361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380  
381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400

(Gültig bis 30. 6. 1961)

Seite.....	Firma.....	Erzeugnis.....
Seite.....	Firma.....	Erzeugnis.....

Anzeigenteil

(Name, Vorname, Beruf).....  
(Wohnort, Straße, Hausnummer).....  
(beschäftigt in Firma).....

## Neue Erzeugnisse · Industrie-Druckschriften

### Advance Components Röhrenvoltmeter „VM 77“

Unter der Typenbezeichnung „VM 77“ ist ein neues Röhrenvoltmeter lieferbar, dessen kleinster ablesbarer Wert 100  $\mu$ V ist und mit dem man in 12 Bereichen bis zu 300 Veff messen kann. Der Frequenzbereich ist 10 Hz bis 5 MHz, und der Meßfehler ist  $\pm 3\%$  zwischen 15 Hz und 2 MHz. Die spiegelunterlegte Skala ist sowohl in Veff als auch dB geeicht. (Der Punkt 0 dB entspricht 1 mW an 600  $\Omega$ .) Außer für Spannungsmessungen kann das Röhrenvoltmeter auch als Nullindikator verwendet werden und als Verstärker, der bis zu 60 dB in Stufen von je 10 dB einstellbar ist.

ELRU-Information 365

### AEG Ferngeber

Zur Messung von Stellungen beweglicher Organe, wie Ventile, Klappen, Schieber, Schwimmer usw., über große Entfernungen dienen Ferngeber. Hierzu ordnet man den jeweiligen Stellungen (Winkel oder Hub) entsprechende Widerstände oder Induktivitäten zu, die elektrisch gemessen werden können. Solche für Meßzwecke lieferbaren Ferngeber sind in der Druckschrift Z 23/Bkg 55470 beschrieben.

ELRU-Information 366

### Franz Baumgartner Transistorrelais „TR“

Das Transistorrelais-Programm wurde um neue Standard-Typen erweitert, wie zum Beispiel den Typ „TRF“, ein Feinrelais mit einer Belastbarkeit des Steuerkontaktes von 50  $\mu$ A bei 1,9 V, und den Typ „TRFF“, ein hochempfindliches Meßrelais, das bei einem Spannungsunterschied von 0,1 (0,08) V anspricht (abfällt). Weitere Typen sind „TRPH“ (für Photodioden), „TRI“ (Impulsrelais) und „TRMM“ (Maximal-Minimal-Relais).

ELRU-Information 367

### Boonton Radio Corp. Kreisgütemeßgerät „280-A“

Aus dem Fabrikationsprogramm wird jetzt das neue Kreisgütemeßgerät „280-A“ vorgestellt, das den Frequenzbereich 210 bis 610 MHz erfaßt und mit dem man Q-Werte von 10...25000 messen kann. Der maximale Meßfehler ist  $\pm 20\%$  des angezeigten Wertes.

ELRU-Information 368

### Clifton Precision Products Synchros

Das Synchro-Programm (Drehmelder, Koordinatenwandler usw.) ist in einem Firmenpro-

spekt mit technischen Daten, Maßbildern und Abbildungen zusammengefaßt. Außerdem sind darin Schaltungen der einzelnen Systeme und eine Reihe von Diagrammen enthalten.

ELRU-Information 369

### CSF Hysteresis-Kleinmotoren

Eine neue Reihe von Hysteresis-Motoren wird jetzt serienmäßig hergestellt. Die Motoren haben absolut synchrone Drehzahl, starkes Anlaufmoment und sind zum Anschluß an Zweiphasen-Drehstrom von 100 V, 50 Hz, bestimmt. Es gibt vier Ausführungen mit den Drehzahlen 1500, 3000, 12000 und 15000 U/min. Das Drehmoment ist 200 g cm.

ELRU-Information 370

### Elektro Spezial Einstellbares Dämpfungsglied „PP 4130 X“

Zur Verwendung in Hohlleitersystemen hat Philips das Dämpfungsglied „PP 4130 X“ herausgebracht, dessen obere breite Seite derart geschlitzt ist, daß eine messerförmige Platte aus Absorptionsmaterial darin eingetaucht werden kann. Die Eintauchtiefe ist kontinuierlich verstellbar und ein Maß für die Abschwächung ( $> 20$  dB). Der

Frequenzbereich ist 8200...12400 MHz, die maximale Leistungsaufnahme 1 W und das Stehwellenverhältnis 1,15 über den gesamten Bereich.

ELRU-Information 371

### Anpassungsglied „PP 4270 X“

Auf einem Hohlleiterstück ist ein Meßschlitten mit Feintrieb verschiebbar, dessen Fensterausschnitt mit einer Noniusteilung versehen ist. Senkrecht zu der oberen Plattform des Schlittens ist die Mikrometer-einstellung für die Eintauchtiefe angebracht. Damit sind die elektrischen Werte so veränderbar, daß die Impedanz einem Abschlußwiderstand genau angepaßt werden kann. Dieser Philips-Bauteil ist im Frequenzbereich 8200...12400 MHz verwendbar. Die Korrekturen des Stehwellenverhältnisses ist 20...1,02.

ELRU-Information 372

### H- und E-Krümmen „PP 4025 X“ und „PP 4030 X“

Um zwei rechtwinklig aufeinanderstößende Rechteckhohlleiter entsprechend der Leitungsführung in Hohlleiterschaltungen miteinander verbinden zu können, hat Philips die H- und E-Krümmen „PP 4025 X“ und „PP 4030 X“ herausgebracht. Der Frequenzbereich ist 8200 bis



Enthält in den Märzheften folgende Beiträge:

**1. Märzheft 1961 (5)**

Röhre und Transistor in Rundfunk- und Fernsehempfängern · Eine Zwischenbilanz  
Die Physik der Tunneliode  
Neue Erstbestückungsröhren für Rundfunk- und Fernsehgeräte  
ECH 84 · Ihre Anwendung und Schaltung im Fernsehempfänger  
PC 88 · Eine neue Verstärkerröhre für den UHF-Bereich  
Stereo-Anlage für hohe Ansprüche — Stabilisierter Zentralnetzteil  
Neue Funkfernsteuerungsanlagen von Metz  
Einfache automatische Taste  
Niederspannungsnetzgeräte ohne Transformator  
Rund um die Diskothek — Sammeln · Ordnen · Pflegen  
Schallplatten für den Hi-Fi-Freund

**2. Märzheft 1961 (6)**

Berufliche Weiterbildung für Funktechniker  
Die ECH 84 in Sinusoszillator-Schaltungen  
Automatische Verstärkungsregelung bei Transistorverstärkern  
Schmalband-Synchronisiergerät „Telechron II“  
Rundfunk, Fernsehen und Phono auf der Leipziger Frühjahrsmesse  
Gittervorspannungsgeräte  
Der Transistor als elektronischer Schalter  
Ein einfacher Lichtschalter mit Transistoren  
Energiesparende Schaltungen mit Zenerdioden  
Schallplatten für den Hi-Fi-Freund

\*

FT-Kurznachrichten · Persönliches · FT-Zeitschriftendienst  
Beilagen: Halbleiter-Dioden, Wirkungsweise und Schaltungstechnik  
Einführung in die Laplacetransformation

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH · Berlin-Borsigwalde

**ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU**

**POSTKARTE**

**ELRU-Informationen**

**BERLIN-BORSIGWALDE**

Elchborndamm 141-167

12400 MHz, das Stehwellenverhältnis  $< 1,07$  über den gesamten Frequenzbereich.

**ELRU-Information 373**

**English Electric Valve  
Abridged Valve Data 1961**

Eine 38seitige Broschüre enthält eine Zusammenfassung der technischen Daten von Germaniumgleichrichtern, Gleichrichterröhren, Trioden, Tetroden, Thyatronen, Kaltkathodenröhren, Spannungsstabilisatoren, Klystrons, Magnetrons, Wanderfeldröhren, Fernseh-Aufnahmeröhren sowie eine Röhrenvergleichstabelle.

**ELRU-Information 374**

**Fenwal  
Temperaturschalter  
„Thermoswitch“**

Dieser Thermoschalter hoher Empfindlichkeit ( $\pm 1/10^\circ\text{F}$ ) arbeitet im Temperaturbereich von 100...600°F und schaltet maximal 12,5 A, 230 Veff oder 25 A, 115 Veff. Er ist weitgehend stoß- und erschütterungsfest sowie gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt.

**ELRU-Information 375**

**General Radio  
General Radio Experiment-  
ter, Nr. 11 & 12/1960**

In dem vorliegenden Doppelheft dieser Firma (Deutsche Vertre-

tung: Dr.-Ing. Nüsslein) wird zunächst der kleine Schwingungsmesser „1557-A“ beschrieben, der einen Transistoroszillator enthält, und dann das Schwingungssystem „1560-P11“, bestehend aus dem Bariumtitanat-Beschleunigungsmesser „1560-P51“ und dem Kontrollgerät „1560-P21“. Weitere Beiträge behandeln variable Autotransformatoren und neue Dekadenwiderstandskästen mit verbesserten Schaltern. Ein abschließender Beitrag befaßt sich mit einem Quarzfrequenzdiskriminator.

**ELRU-Information 376**

**Grundig  
Meßgeräte-Preisliste**

Bei der Herausgabe dieser Preisliste vom Dezember 1960, die hauptsächlich Meßgeräte der HF- und NF-Technik, Oszillografen, Röhrenvoltmeter und Vielfachmeßgeräte enthält, wurde besonders darauf hingewiesen, daß die Preise bei einigen Meßgeräten, wie zum Beispiel Oszillograf „MO 15“, Bildmuster-generator „SG 3“ oder Röhrenvoltmeter „TV 1“, neu festgesetzt worden sind.

**ELRU-Information 377**

**Muirhead  
Technique, Nr. 1/1961**

Der erste Beitrag stellt das dekadische Präzisions-Voltmeter „D-930-A“ für Effektivwertmessun-

gen vor, mit dem man 60 mV bis 300 V im Frequenzbereich 30 Hz bis 5 kHz auf 0,05% genau messen kann. Im zweiten Teil des vorliegenden Heftes wird ein Überblick über Koordinatenwandler für elektronische Rechenmaschinen und ihre Prüfmethode gegeben.

**ELRU-Information 378**

**Schleicher  
Mikrorelais**

Die wichtigsten technischen Daten einiger Mikrorelais (Klappanker- und Schaltrelais mit Wischkontakt, elektronische Schalt- und Zeitrelais, Kontaktgeber und Spannungswächter) sind in einem 4seitigen Prospekt zusammengestellt.

**ELRU-Information 379**

**Siemens  
Temperaturwächter  
„ZR-WT“**

Der Temperaturwächter „ZR-WT“ enthält einen Thermogeber, der eine Thermospannung liefert. In dem nachgeschalteten Nullstromverstärker wird die Thermospannung mit einer einstellbaren Sollspannung verglichen und die bestehende Differenz vorverstärkt. Die Standard-Meßbereiche sind je nach der verwendeten Geberart verschieden, bei Thermoelementen 100...700°C, bei Platin-Widerstandsthermostern 0...550°C.

**ELRU-Information 380**

**Telefunken  
Reflexklystron TK 6**

Aufbau und elektrische Eigenschaften des Reflexklystrons TK 6, das im Frequenzbereich 6,3...7,7 GHz arbeitet, werden in den Röhrenmitteilungen für die Industrie 600760 beschrieben. Das Klystron eignet sich als direktmodulierter Sender oder als Überlagerungs-Oszillator in Schmalband-Richtfunksystemen und Bildübertragungsanlagen. Die maximale HF-Ausgangsleistung ist 200 mW, die Resonatorspannung 300 V.

**ELRU-Information 381**

**Valvo  
Valvo Berichte, Band VI,  
Heft 3**

Das vorliegende Heft befaßt sich mit nichtneutralisierten und teilneutralisierten ZF-Verstärkern in AM/FM-Empfängern mit Transistoren. Der Verfasser behandelt zunächst die Theorie des nichtneutralisierten ZF-Verstärkers und gibt dann zwei Schaltungen für ZF-Verstärker an, die als Teil eines hochwertigen, mit Transistoren bestückten AM/FM-Empfängers gedacht sind. Bei der Dimensionierung dieser Schaltungen wurde Rücksicht auf gute Amplituden- und Phasencharakteristik genommen. Für den Abgleich der Filter kann man ein einfaches Verfahren anwenden. (Schutzgebühr: 3,— DM)

**ELRU-Information 382**

## HEIDESTER

**Antennen-Diversity im Hinblick auf Einsatzmöglichkeit und Aufwand**

verschiedenen Arten des Diversity-Empfangs werden kurz diskutiert, und ein Antennen-Diversity-System wird in seinen Grundzügen beschrieben. Es wird eingegangen auf die betrieblichen Eigenschaften des Antennen-Diversity-Systems und daraus der Schluß abgeleitet, daß das Antennen-Diversity-System beim Empfang von Kurzwellensendungen mit F1 getasteten Telefunken-Nachrichten bis zu 200 Bd mit Vorteil eingesetzt werden kann. Wegen des geringen Platzbedarfs einer Antennen-Diversity-Anlage ist diese Technik für mobile Anlagen besonders gut geeignet.

Elektronische Rundschau  
15 (1961) Nr. 4, S. 149—152

DK 621.375.5

## GOSSEL

## parametrische Verstärker

spannungsabhängige Kapazität einer in Sperrichtung betriebenen Halbleiterdiode wird am Modell eines pn-Übergangs erklärt. An Hand der zugehörigen Ersatzschaltung folgt die Berechnung der oberen Grenzfrequenz. Die Funktion des Diodenbahnwiderstandes  $R_B$  und der Festkapazität  $C_0$ . Ein Mittel über Rauschen behandelt zunächst die Definition der Rauschkennzahl allgemein und anschließend die Rauscheigenschaften der parametrischen Diodenverstärker. Auf den begrenzten Aussagewert der Rauschzahl hinsichtlich der Betriebseigenschaften wird hingewiesen. Abschließend sind die Daten einiger experimenteller Verstärker, über die in der Literatur berichtet worden ist, zusammengestellt.

Elektronische Rundschau  
15 (1961) Nr. 4, S. 154—155

DK 621.373.421.13

## FRIESE

## echter Doppelimpulsgenerator

Ein Doppelimpulsgenerator „1147 B“ der A.E.R.E. gestattet die Prüfung von Koinzidenzstufen nach zwei verschiedenen Methoden. Bei der ersten werden im Impulsgenerator ein festes und ein variables Verzögerungsnetzwerk eingeschaltet, so daß der Impuls B gegenüber dem Impuls A zeitlich positiv oder negativ verschoben werden kann. Bei der zweiten Methode werden zwei impulsgetriggerte Impulsgeneratoren eingeschaltet, so daß die Ausgangsspannungen auf Grund der Schwebung periodisch mehr oder weniger weit auseinander liegen. Der Generator wird beschrieben und seine Anwendung bei der Messung des Auflösungsvermögens von Koinzidenz-, Antikoinzidenz- und Zählerschaltungen erläutert.

Elektronische Rundschau  
15 (1961) Nr. 4, S. 159—162, 167—168

DK 621.317.7:621.314.63

## GOMMLICH

## Verhalten einer einfachen Gleichrichterschaltung beim Messen von Sinusförmigen Spannungen

An Hand der Eigenschaften der bekannten Meßgleichrichterschaltungen wird das Verhalten beim Messen nichtsinusförmiger Spannungen beschrieben. Man kann sich eine einfache, unsymmetrische Gleichrichterschaltung aufbauen, die aus zwei Kondensatoren, zwei Gleichrichtern und zwei Widerständen besteht. Das Verhältnis der beiden Widerstände bestimmt dabei die Form der geknickten Kennlinie, an der die Gleichrichtung erfolgt. Mit einer Vielzahl von nichtsinusförmigen Meßspannungen wurde das Verhalten dieser Schaltung gegenüber einer echten Effektivwert-Anzeigeschaltung untersucht, und die Ergebnisse werden diskutiert.

## K. THIELE

## Bootstrap-Sägezahngeneratoren mit vergrößerter Linearität der Sägezahnspannung

In Bootstrap-Sägezahngeneratoren kann durch Einbau eines integrierenden Kompensationsnetzwerkes die Linearität der Ausgangs-Sägezahnspannung wesentlich erhöht werden. Im vorliegenden ersten Teil dieser Arbeit wird die Anstiegsphase eines so kompensierten Bootstrap-Sägezahngenerators berechnet und aus den erhaltenen Ergebnissen eine allgemeine Kompensationsbedingung zur Dimensionierung des Kompensationsnetzwerkes hergeleitet.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 4, S. 153—154

DK 681.14.001.57

## A. SCHIEF

## Ein einfacher Analogmultiplikator

Zur analogen Multiplikation zeitveränderlicher Größen sind mehrere Verfahren bekannt, die im allgemeinen einen großen Aufwand an Schaltelementen erfordern. Der beschriebene Analogmultiplikator besteht aus einem mit Schaltdioden bestückten Modulator, der mit einer Hilfswechselspannung betrieben wird. Seine Wirkungsweise wird an Hand einer mit einem gepolten Relais aufgebauten Schaltung beschrieben. Der Multiplikator ist der Gruppe der Impulshöhen-Impulsbreiten-Modulatoren zuzuzählen; seine obere Grenzfrequenz ist durch die Frequenz der Hilfswechselspannung bestimmt.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 4, S. 156—158

DK 537.322.1:621.315.592

## W. DÖRR

## Das Frigistor-Diagramm

Für die praktische Anwendung der aus Halbleiterelementen bestehenden Frigistoren ist ein Diagramm aufgestellt worden, mit dessen Hilfe die Dimensionierung solcher Kühlaggregate möglich ist. Es enthält Kurven für konstante Wärmebelastung und maximalen Wirkungsgrad mit der Temperatur oder der Temperaturdifferenz der zwei Lötstellen als Ordinate und dem durch den Frigistor fließenden Strom als Abszisse. An Hand von zwei Beispielen wird die Dimensionierung gezeigt.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 4, S. 182—184

## Angewandte Elektronik (Kurzbesprechungen elektronischer Geräte)

Optischer Wellenkodierer ..... (Armstrong Whitworth)  
Einstellbare Hochvakuum-Kondensatoren ..... (English Electric Valve)  
Temperaturanzeiger und -regler „Minoreg“ (Fabbrica Apparecchi Scientifici)  
Kettenverstärker „NU-250“ ... (Gesellschaft für Nucleonic und Electronic)  
30-MHz-Oszillograf „170 A“ ..... (Hewlett Packard)  
Elektronisches Materialprüfgerät für Zug und Druck ..... (Instron)  
HF-Schweißgenerator „Fixus G 12000 Sb“ ..... (Körting)  
Automatische Schweißnahtprüfeinrichtung für spiralgeschweißte Rohre  
(Kretztechnik)  
Sensitrol-Relais für photoelektrische Zellen ..... (Dr. B. Large)  
Subminiaturröhren CK 7994 und CK 7995 in Spanngittertechnik (Raytheon)  
Frequenzspektrometer „RS 29153“ ..... (Dr. Reutlinger & Söhne)  
Ziffernanzeigeröhre Z 550 M ..... (Valvo)

## Summary

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, Vol. 15 (1961) No. 4

### R. HEIDESTER: Antenna Diversity Cost and Application p. 143—145

Various forms of diversity reception are briefly discussed and the basic features of antenna diversity are described. Investigating the operating properties of antenna diversity, the conclusion is drawn that this system can be used with advantage for the reception of short-wave, F-1 emission, telegraphy messages up to 200 bauds. Owing to moderate space requirements, antenna diversity commends itself for mobile application.

### K. THIELE: Bootstrap Sawtooth Generators with Enhanced Voltage Linearity p. 145—148

The linearity of a bootstrap-generator sawtooth output can be substantially improved when an integrating compensation network is built in. In this first part of the paper, the voltage rise of a bootstrap sawtooth generator so compensated is computed. The result is used to derive a general compensation rule for the dimensioning of the compensation network.

### D. GOSSEL: Parametric Amplifiers p. 149—152

The voltage-dependent capacitance of a semiconductor diode operated in reverse direction is explained with the aid of a p-n junction model. The equivalent circuit is utilized to find the upper cutoff frequency as a function of the diode bulk resistance  $R_b$  and the fixed capacitance  $C_0$ . A chapter on white noise is generally concerned with the definition of characteristic quantities of noise and specially with noise properties of the parametric diode-type amplifier. The noise figure is shown to have a limited evidential value in the evaluation of operating properties. Ratings of experimental amplifiers known from publications are compiled.

### A. SCHIEF: A Simple Analog Multiplier p. 153—154

There are several methods to multiply quantities varying in time. Generally, they call for substantial component expenses. The analog multiplier here described comprises a modulator equipped with switching diodes and is operated with an auxiliary alternating voltage. Its mode of operation is shown with the aid of a circuit containing a polarized relay. The multiplier belongs to the group of pulse-amplitude/pulse-duration modulators and has an upper cutoff frequency determined by the frequency of the auxiliary alternating voltage.

### T. FRIESE: A Genuine Double Pulse Generator p. 154—155

The A.E.R.E. Double Pulse Generator "1147 B" permits testing of coincidence stages by two methods. In the first, a pulse generator works into a fixed and a variable delay network so that pulse B can be shifted in time against pulse A in positive and negative directions. In the second method, two crystal-controlled pulse generators are switched on and the output pulses have, due to the beat, a more or less spaced relation to each other. Described are the generator and its application in measuring the resolution of coincidence, anti-coincidence and counting circuits.

### W. DÖRR: The Frigistor Diagram p. 156—158

A diagram has been plotted for the application of frigistors consisting of semiconductor devices. The diagram permits convenient dimensioning of cooling systems of this type. It comprises characteristics for constant thermal loads and maximum efficiency where the ordinate represents the temperature or temperature difference of the two soldering points while the abscissa denotes the current through the frigistor. Two examples of dimensioning are quoted and explained.

### H. GOMMLICH: Performance of Simple Rectifier When Measuring Non-sinusoidal Voltages p. 159—162, 167—168

The author describes the properties of the well-known rectifier circuit for measuring purposes and the performance of such circuits when non-sinusoidal voltages are measured. A simple unbalanced rectifier circuit can be constructed from two capacitors, two rectifiers and two resistors. The ratio of the two resistors will determine the shape of a bent characteristic controlling the rectification. Employing a number of non-sinusoidal test voltages, the behavior of this circuit has been investigated as against the performance of a conventional rms-voltage measuring circuit. The results are discussed in this paper.

## Le résumé

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, tome 15 (1961) No 4

### R. HEIDESTER: Possibilités et rentabilité de la diversité d'antennes p. 143—145

Un bref exposé sur les divers types de réception en diversité est suivi par une description du principe de la diversité d'antennes. Une discussion des propriétés de ce procédé montre que la diversité d'antennes est avantageuse, en ondes courtes, lors de la réception de signaux télégraphiques F 1 jusqu'à 200 Bd. Du fait qu'une installation de diversité d'antennes tient peu de place, ce procédé est particulièrement avantageux dans le cas de stations mobiles.

### K. THIELE: Base de temps bootstrap à grande linéarité p. 145—148

En complétant un relaxateur du type bootstrap par un réseau intégrateur de compensation, on peut sensiblement augmenter la linéarité de la denture de scie de sortie. La présente première partie de l'article traite du calcul de la phase de montée d'un bootstrap ainsi compensé; des résultats obtenus, on déduit les conditions de compensation permettant l'établissement du réseau correcteur.

### D. GOSSEL: Amplificateurs paramétriques p. 149—152

Le modèle d'une jonction p-n permet d'expliquer l'effet de capacité variable avec la tension que présente une diode en fonctionnement inverse. Un schéma équivalent conduit au calcul de la fréquence supérieure de coupure en fonction de la résistance équivalente  $R_b$  et de la capacité résiduelle  $C_0$ . Le chapitre traitant du bruit en définit les caractéristiques générales ainsi que les propriétés de bruit des amplificateurs paramétriques à diodes. On montre que les propriétés de fonctionnement ne dépendent pas directement du facteur de bruit. Finalement, on trouve un résumé des caractéristiques de quelques amplificateurs expérimentaux publiés dans la littérature.

### A. SCHIEF: Multiplicateur analogue simple p. 153—154

Les procédés connus de multiplication analogue de deux grandeurs variables dans le temps demandent généralement un nombre considérable d'éléments de montage. L'appareil décrit est un modulateur équipé de diodes de commutation et alimenté par une tension alternative auxiliaire. Un schéma équivalent comportant un relais polarisé permet d'en expliquer le fonctionnement. Le multiplicateur appartient au groupe des modulateurs de hauteur et de largeur d'impulsions; sa fréquence supérieure de coupure est définie par celle de la tension alternative auxiliaire.

### T. FRIESE: Un véritable générateur d'impulsions doubles p. 154—155

Avec le générateur d'impulsions doubles "1147 B" de la A.E.R.E. on peut vérifier des étages de coincidence selon deux méthodes différentes. La première consiste à faire suivre le générateur de deux réseaux de retard dont l'un est fixe, l'autre variable. On peut ainsi obtenir des décalages positifs ou négatifs entre les impulsions A et B. La seconde méthode fait appel à deux générateurs commandés par quartz; à cause du battement, les impulsions de sortie subissent alors un décalage périodiquement variable. La description du générateur est suivie d'indications sur les applications lors de la mesure du pouvoir de résolution de montages de coincidence, d'anticoincidence et de comptage.

### W. DÖRR: Le diagramme du frigistor p. 156—158

Pour les applications pratiques des semi-conducteurs du type frigistor, on a établi un diagramme permettant de déterminer une installation de refroidissement. Ce diagramme contient des courbes pour charge calorifique constante et rendement maximal, la température ou la différence de température entre les deux soudures apparaissant en ordonnée, le courant parcourant le frigistor en abscisse. L'établissement d'un projet est illustré par deux exemples.

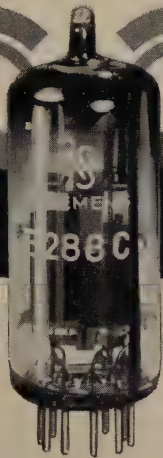
### H. GOMMLICH: Le comportement d'un montage simple de redressement à la mesure de tensions non sinusoïdales p. 159—162, 167—168

Les propriétés des montages courants de redressement de mesure sont décrites en tenant compte du comportement lors de la mesure de tensions non sinusoïdales. Dans un montage asymétrique de redressement, comportant simplement deux condensateurs, deux détecteurs et deux résistances, le rapport de ces dernières détermine la forme d'une caractéristique courbée de redressement. Ayant comparé, avec des tensions formes très diverses, le comportement de ce montage avec celui d'un véritable indicateur de valeur efficace, l'auteur discute les résultats.

  
**SIEMENS**  
**SPEZIALRÖHREN**

## E 288 CC

**Eine steile, rauscharme Leistungs-Doppeltriode**



Deutsche  
Industrie-Messe  
Hannover  
Halle 13

**Kenndaten:**

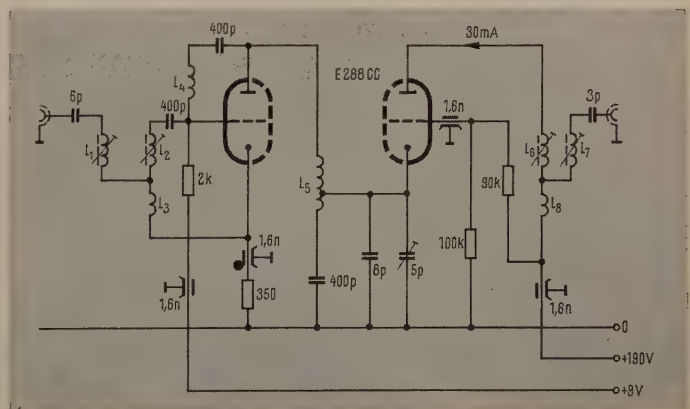
$U_f = 6,3 \text{ V}$   
 $I_f = 0,5 \text{ A}$   
 $U_{ba} = 100 \text{ V}$   
 $U_{bg} = +9 \text{ V}$   
 $R_k = 350 \Omega$   
 $I_a = 30 \text{ mA}$   
 $S = 18 \text{ mA/V}$   
 $\mu = 25$   
 $R_i = 1,4 \text{ k}\Omega$   
 $R_{\ddot{a}q} = 200 \Omega$

**Grenzdaten:**

$U_a = \text{max. } 250 \text{ V}$   
 $Q_a = \text{max. } 3,0 \text{ W}$   
 $I_k = \text{max. } 40 \text{ mA}$

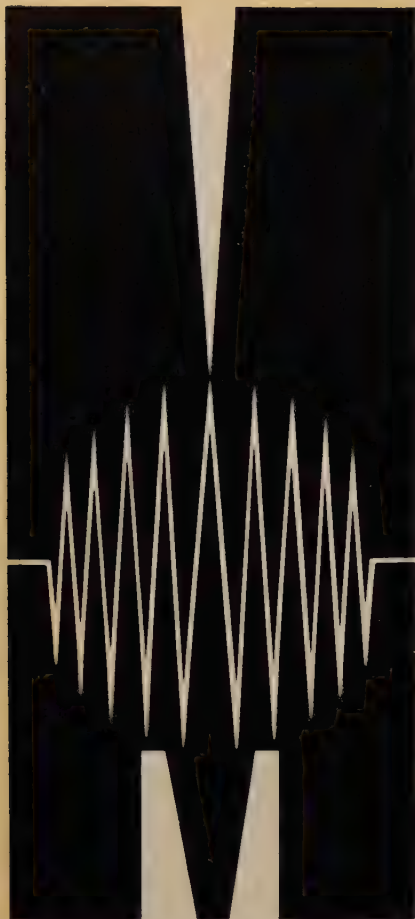
Die E 288 CC ist besonders geeignet für Cascodeschaltungen in breitbandigen HF- und NF-Verstärkern sowie für Zähschaltungen hoher Zählfrequenz, für Impulsstufen, Frequenzvervielfacher und Kathodenverstärker.

**Anwendungsbeispiel: HF-Breitbandverstärker**



Frequenzbereich 174 bis 223 MHz, Welligkeit 1 dB  
 Ausgangsspannung 1 V bei Kreuzmodulationsfaktor 1%<sub>0</sub>  
 Leistungsverstärkung 22 dB  
 Rauschzahl im Mittel 5,5 dB  
 Eingang und Ausgang unsymmetrisch 60

Ausführliche Unterlagen erhalten Sie auf Anfrage



PARIS 9-17 MAI 1961

# MESUCORA

INTERNATIONALE AUSSTELLUNG  
MESSEN - KONTROLLE - REGELUNG - AUTOMATISIERUNG  
UND 58. AUSSTELLUNG DER FRANZÖSISCHEN  
PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

- Die erste Französische Fachausstellung auf diesem Gebiet von größter internationaler Bedeutung.
- Internationaler Kongreß unter dem Thema „Der Fortschritt in der Meß- und Regeltechnik, Kontrolle und Automatisierung unter dem Zeichen der Zusammenarbeit von Mechanik, Elektrizität und Elektronik“.
- 700 Aussteller — 14 Länder — 35.000 qm.
- Die neuesten Entdeckungen und Verfahren der theoretischen und der angewandten Forschung.
- Die feinsten Geräte, Apparate und Methoden für Messung und Kontrolle; ihre Anwendungen auf dem Gebiet der Regelung und der Automatisierung in Industrie und im öffentlichen Dienst.
- Eine noch nie dagewesene Versammlung, eine internationale Gegenüberstellung von höchstem technischen Wert, die  
**Alle** verantwortlichen Männer der Industrie und der öffentlichen Dienste,  
**Alle** Ingenieure und Forscher,  
**Alle** Lehrer und Studierenden der wissenschaftlichen Fakultäten und der Technischen Hochschulen

**SEHEN MÜSSEN**



**centre national des industries et des techniques**

Verlangen Sie alle nähere Auskunft, unter Angabe der gewünschten Sprache (deutsch, französisch oder englisch), von :

MESUCORA — Service Information & Propagande  
40, rue du Colisée — PARIS 8<sup>e</sup> — Tél. BAL. 77-50

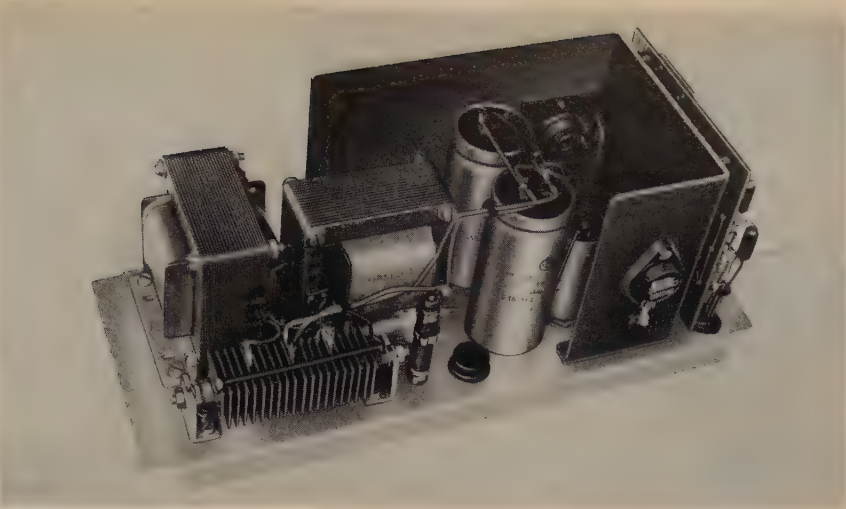
# Sollspannungs- geber mit Transistoren

Die AEG-Sollspannungsgeber sind stabilisierte Netzgeräte. Sie dienen hauptsächlich zur Vorgabe des Sollwertes einer Gleichspannung für elektrische Regeleinrichtungen. Die Genauigkeit und Konstanz der Ausgangsspannung ist den erhöhten Anforderungen der Regelungstechnik angepaßt. Darüber hinaus können die Sollspannungsgeber auch vorteilhaft zur Stromversorgung von elektronischen Geräten und Bausteinen aller Art verwendet werden.

Die Geräte werden für eine Anschlußspannung von 220 V, 50 Hz, und für die in der Tabelle aufgeführten Leistungen hergestellt. Die Nenngleichspannung kann mit Hilfe eines leicht zugänglichen Potentiometers in dem Bereich von  $\pm 5\%$  eingestellt werden. Der Innenwiderstand der Geräte ist sehr gering; es treten daher bei Laständerungen nur bedeutungslose Abweichungen der Ausgangsspannung auf.

Bei diesen Geräten wird die Spannung elektronisch geregelt; daher werden kürzeste Ausregelzeiten erzielt. Die Regelabweichung wird aus dem Vergleich der Ausgangsspannung mit der von einer Zenerdiode gegebenen Referenzspannung gebildet. Die verstärkte Regelabweichung wird der schwankenden Eingangsspannung entgegengeschaltet.

Durch besondere Schaltungsmaßnahmen ist bei allen Geräten eine aus-



Sollspannungsgeber Typ TN 16

reichende Kurzschlußfestigkeit sichergestellt. Der Kurzschlußstrom wird hierbei solange begrenzt, bis die Schmelzsicherung auf der Sekundärseite des Netztransformators anspricht. Außerdem ist zu erwähnen, daß sämtliche Gerätetypen auch im Leerlauf betrieben werden können, ohne Schaden zu leiden.

Die Abhängigkeit der Gleichspannung von Temperaturschwankungen ist durch eine eingebaute Temperaturskompensation auf einen geringen Wert herabgesetzt. Die Schwankung beträgt weniger als  $\pm 0,2\%$  bei  $\pm 10^\circ\text{C}$  Temperaturänderung.

Die AEG-Sollspannungsgeber sind als Bausteine für DIN- oder Retma-Einschübe ausgebildet und teilweise in gedruckter Schaltung ausgeführt.

Durch die ausschließliche Verwendung von MP-Kondensatoren wird ihre hohe Betriebssicherheit wesentlich begünstigt.

Die Konstanz der abgegebenen Gleichspannung beträgt bei einer im Bereich von  $\pm 10\%$  schwankenden Anschlußspannung mindestens  $\pm 0,1\%$ . Bei Lastschwankungen weisen die Geräte ebenfalls eine Konstanz der abgegebenen Gleichspannung von mindestens  $\pm 0,1\%$  auf. Dieser Wert gilt für die Gerätetypen TN 11, TN 16, TN 17 und TN 18 bei Lastschwankungen zwischen Leerlauf und Vollast und für die Gerätetypen TN 19 und TN 20 für den Bereich zwischen Halblast und Vollast. Als maximale Umgebungstemperatur sind  $45^\circ\text{C}$  zulässig. Die Brummspannung beträgt weniger als  $0,1\%$  der jeweiligen Nenngleichspannung.

Typ	Nennspannung  V	Nennstrom  A	Abmessungen		Bauhöhe  mm
			Chassis Breite mm	Tiefe mm	
TN 16	12	0,4	85	284	135
TN 17	20	0,2			
TN 18	24	0,2			
TN 19	24	1	175		175
TN 11	60	0,2	115		130
TN 20	60	1	175		175

Technische Werte der Sollspannungsgeber



ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT



...SELBSTREINIGEND



... der wachsenden natürlichen Korrosion entgegenwirkend – ist das Bestreben bei der Ausbildung von elektrischen Kontakten, die ihre Aufgabe lange und gleichbleibend sicher erfüllen sollen.

Nicht zufällig besitzt eine Bürste eine Vielzahl von Borsten, die in der Betätigungsrichtung voneinander unabhängig, hintereinander wirken.

So wird auch bei jeder Betätigung die Kontaktstelle gereinigt.



**TUCHEL-KONTAKT GMBH**  
Heilbronn/Neckar - Postfach 920 - Tel. \* 6001

Bitte besuchen Sie uns auf der Deutschen Industrie-Messe Hannover 1961  
an unserem Stand 358 in Halle 10, Erdgeschoß

## ELEKTRONISCHE STEUER- UND REGELGERÄTE

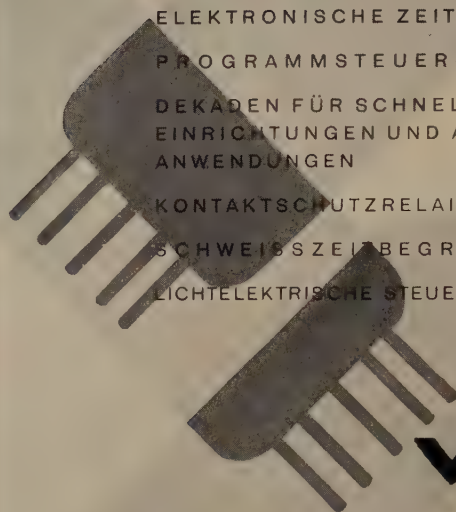
ELEKTRONISCHE ZEITRELAIS  
PROGRAMMSTEUERUNGEN

DEKADEN FÜR SCHNELLZÄHL-  
EINRICHTUNGEN UND ANDERE  
ANWENDUNGEN

KONTAKTSCHUTZRELAIS

SCHWEISSZEITBEGRENZER

LICHTELEKTRISCHE STEUERUNGEN



**VONA**



**GEBR. v. ALTEN**

KRONBERG IM TAUNUS

FERNRUF 26 34 • FERNSCHREIBER 04 15814

ELEKTRO-APPARATE- UND RELAIS-BAU

Deutsche Industrie - Messe Hannover Halle 13 Stand 13

## MANSOL Vorformlinge entheben Sie Ihrer Sorgen

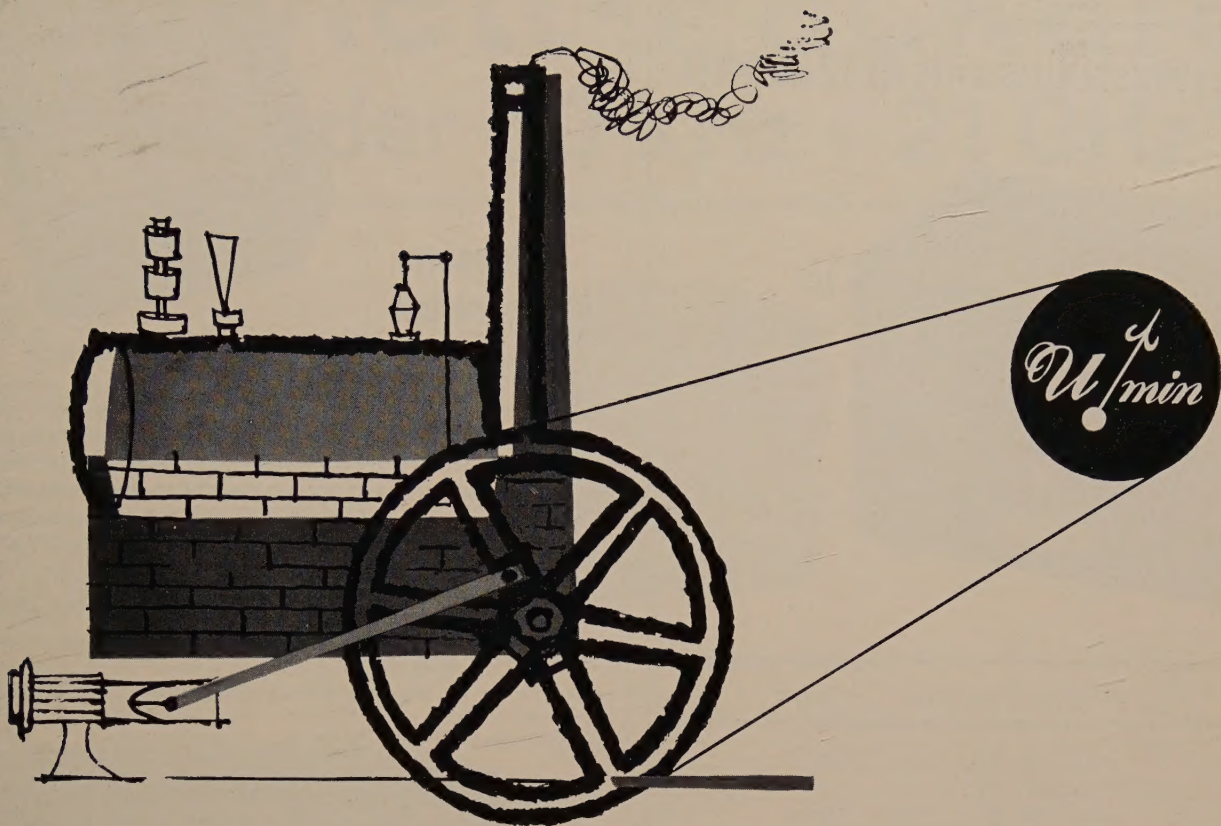
Verwendet bei der Herstellung von Glas-Metallverschmelzungen; Röhrensockel, Transistoren, Gleichrichter usw. Vorformlinge können in allen Formen und Größen für Eisen-, Kovar-, Kupfer- und Zweimetall-Verschmelzungen geliefert werden. Wir garantieren gleichmäßige Qualität, genaue Toleranzen, leistungsfähige Produktion in jeder Menge und schnelle Liefermöglichkeiten.

Anfragen an


**MANSOL (GREAT BRITAIN) LTD.**

Hollands Road, Haverhill, Suffolk, Tel. Haverhill 441-2-3





## Die Drehzahlmessung war schon immer wichtig

 **GOSSEN** Drehzahlgeber DG 3

Die Messung und Regelung der Drehzahl ist seit Beginn unseres Maschinenzeitalters ein aktuelles Problem. Die kleinen Wechselstrom-Drehzahlgeber der Typenreihe DG 3 sind vorzügliche Meßwertgeber für elektrische Drehzahlmeß- und Regeleinrichtungen.

### Ihre Kenndaten:

24polige Wechselstromgeneratoren mit permanent erregten Außenpolen. Feststehende Wicklung, daher keine Schleifringe. Kleinste mechanische Abmessungen gewährleisten leichten Einbau, auch in engen Getriebekästen usw. Befestigungszubehör serienmäßig lieferbar. Es können bis zu 4, elektrisch voneinander unabhängige Systeme in einem Geber eingebaut werden; somit sind Spezialschaltungen für schwierige Fälle möglich. In Verbindung mit Gossen-Drehzahlanzeigern, Pantam-Relais und Pantam-Meßcontactern als komplette Anlagen lieferbar. Auch kleine Drehzahlwerte können ohne Übersetzung des Gebers gemessen werden, z. B. 30 U/min. Vollausschlag.



**PANTAM**

Drehzahlgeber

**Gossen Erlangen** Bitte fordern Sie Prospekte an.

# Schroff

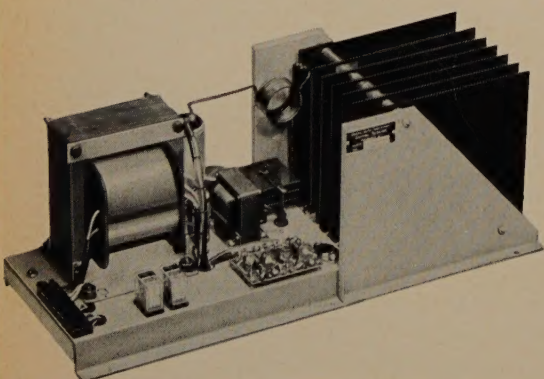
## TRANSISTORSTABILISIERTE NETZGERÄTE



für  
**INDUSTRIE  
FORSCHUNG  
SERVICE**

Type	Ausgangs-Spannung	Strom
NG 4	0,5 ... 15 V	4/8 A
NG 5	10 ... 30 V	4 A
NG 6	0,5 ... 66 V	2 A
NG 7	0,5 ... 90 V	2 A
LNG 8	0,1 ... 30 V	3 A
	0,1 ... 1,5 V	0,5 A
NG 12	5 ... 30 V	22,5 A

Unser Herstellungsprogramm umfaßt ferner  
Einbau-Netzgeräte  
für Spannungen bis 100 V und für Ströme bis 200 A



**GUNTER SCHROFF**

**Elektrotechnischer Apparatebau  
Ittersbach/Karlsruhe**

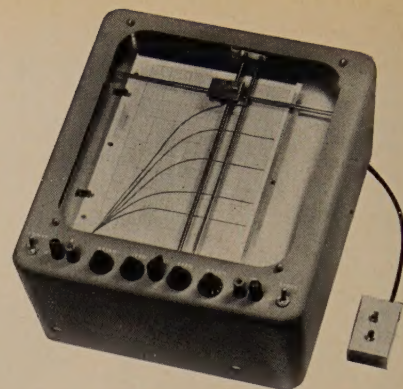
Telefon Marxzell (07248) 492

Technisches Büro SÜD für 13 a, 13 b und Österreich  
München 13, Lerchenauerstraße 8

Deutsche Industrie-Messe Hannover Halle 10, Stand 957

## Houston- XY-Schreiber

**Preiswert — Kurze Lieferzeit — 1 Jahr Garantie**



Das Gerät ist für die Aufnahme von Kurven aller Art im Papierformat DIN A 4 bestimmt. Es eignet sich z. B. für den Anschluß an Elektrorechner und Zählgeräte, zur Aufnahme von Hysteresis-, Filter- und Materialbeanspruchungs-Kurven sowie zur Aufnahme der Kennlinien von Transistoren. Eingebaut sind zwei Verstärker und ein Zweiphasen-Antriebsmotor. Der Schreibstift läßt sich für das Zeichnen mehrfarbiger Kurven leicht auswechseln und elektrisch anheben.

### Technische Daten:

Empfindlichk.: 4 mV/cm (Stand.-Mod.)	Größe/Gewicht: 35 x 39 x 20 cm/17 kg
Eingangswiderstand: 10 kOhm	Leistungsaufnahme: 100 Watt
Schreibgeschwindigkeit: 18 cm/sec	Stromversorgung: 220 V/50 Hz

**Alleinvertrieb für Deutschland: Neumüller & Co. GmbH  
München 19, Tintorettostraße 13 • Tel.: 570558**



**S.E.C.**

The General Electric Company Ltd. of England  
SEMICONDUCTOR DIVISION

Wir liefern  
für alle Zwecke der Elektronik  
und HF- UHF-Technik u. a.

**Zenerdioden** mit extrem kleinen Temperatur-Koeffizienten  
von  $10^{-4}$  bis  $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

**Dioden** mit variabler Kapazität für automatische Scharfabstimmung,  
Fernabstimmung, FM u. f. parametrische Verstärker bis 25 GHz

**Siliziumgleichrichter** bis 400 V/8 A

**gesteuerte Siliziumgleichrichter** bis 200 V/10 A

**Koaxial-Mischdioden** bis 35 GHz

**Transistoren** für Gleichspannungswandler bis 150 W usw.

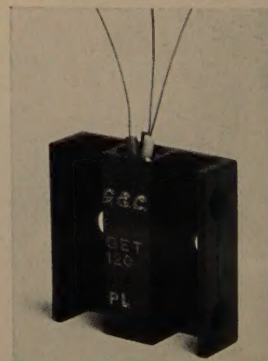
### Deutsche Vertretung:

**WILLY LIST**

Frankfurt-Main-Süd  
Karlsbader Straße 8 • Tel. 68 72 44

Bezirksvertretung Berlin:  
R. Dressler  
Berlin W 30  
Nachodstraße 19 • Tel. 241037

Fordern Sie bitte auch Prospekte  
über unser weiteres Programm an



# Hewlett-Packard

## Messender 50 kHz - 21 GHz\*

\* Die neuen, bald erhältlichen Frequenzverdoppler werden den Bereich bis 40 GHz erweitern.

Die Tabelle enthält in Kurzform die Daten der Präzisionsgeräte, die Hewlett-Packard – auf dem Gebiet der Messender als eine der führenden Firmen für qualitativ hochstehendes und zuverlässiges Material anerkannt – anzubieten hat. Zwei besonders weitverbreitete und bewährte Modelle sind abgebildet und näher beschrieben.

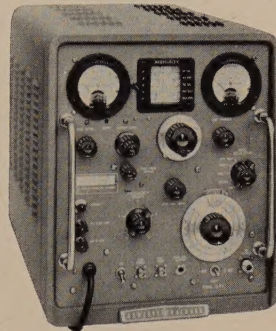
Zahlreiche -hp-Geräte werden nun im neuen deutschen Werk Hewlett-Packard GmbH in Böblingen bei Stuttgart hergestellt. Qualitätsarbeit, modernste Produktionsmethoden sowie gründliche Fachkenntnisse deutscher Arbeitskräfte garantieren Ihnen Geräte von höchster Leistung zu angemessenen Preisen.

Wir beraten Sie gerne bei Ihrem Messproblem und stehen auch für andere technische Auskünfte und Geräteverfügung jederzeit zur Verfügung.



### Neu: Modell 606 A – 50 kHz bis 65 MHz

Moderner Oszillator, nach den letzten technischen Errungenschaften aufgebaut. Ausgangsspannung von 3 V über den ganzen Frequenzbereich, mit einem kontinuierlichen Abschwächer bis 0,1 Mikrovolt. Ein Oszillator mit nachfolgendem Leistungsverstärker sowie eine Regelschaltung über das ganze System bewirken ein konstantes Ausgangssignal über den ganzen Frequenzbereich. Kleiner Klirrfaktor, verschiedene Modulationsmöglichkeiten. Preis: mit Zoll DM 6302.– ohne Zoll DM 5557.–



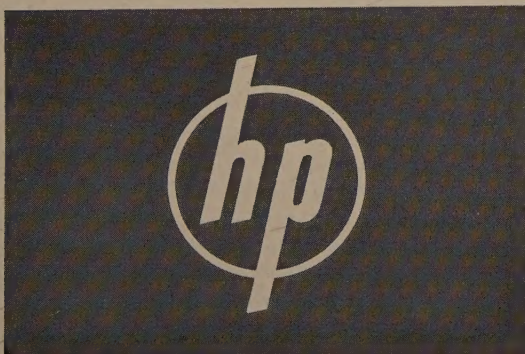
### Modell 608 D – 10 MHz bis 420 MHz

Höchste Stabilität, vernachlässigbare FM auf Stellung AM, kleine Frequenzdrift. Geeichter Ausgang von 0,1 Mikrovolt bis 0,5 V. Eingebauter Quarz ermöglicht eine Frequenzzeichnung mit einer Genauigkeit von 0,01 % bei Vielfachen von 1 MHz und 5 MHz.

Preis: m. Zoll DM 5777.–, o. Zoll DM 5094.–

Generator	Frequenzbereich	Kenndaten	Preis DM	
			m. Zoll	o. Zoll
-hp- 606 A	50 kHz bis 65 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 3 V an 50 Ohm. Regelschaltung, kleiner Klirrfaktor	6 302.—	5 557.—
-hp- 608 C	10 MHz bis 480 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 1 V an 50 Ohm. AM-, Pulsmodulation oder CW. Direkte Eichung	5 252.—	4 631.—
-hp- 608 D	10 MHz bis 420 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,5 V. Frequenzmodulation weniger als 0,001 % bei Amplitudenmodulation des Oszillators	5 777.—	5 094.—
-hp- 612 A	450 MHz bis 1230 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,5 V an 50 Ohm. AM-, Puls-, Rechteckmodulation oder CW. Direkte Eichung	6 302.—	5 557.—
-hp- 614 A	800 MHz bis 2100 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. Puls-, FM-Modulation oder CW. Direkte Eichung	10 144.—	8 934.—
-hp- 616 B	1800 MHz bis 4200 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. Puls-, FM-Modulation oder CW. Direkte Eichung	10 144.—	8 934.—
-hp- 618 B	3800 MHz bis 7600 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. Puls-, FM-, Rechteckmodulation oder CW. Direkte Eichung	11 704.—	10 319.—
-hp- 620 A	7 000 MHz bis 11 000 MHz	Ausgang 0,1 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. Puls-, FM- oder Rechteckmodulation. Direkte Eichung	11 704.—	10 319.—
-hp- 623 B	5925–6575 MHz 6575–7175 MHz 7175–7725 MHz (nach Angabe)	Ausgang 70 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. FM- oder Rechteckmodulation. Getrennte Messung der Ausgangsleistung und Wellenmesser	9 979.—	8 798.—
-hp- 624 C	8 500 MHz bis 10 000 MHz	Ausgang 2,23 $\mu$ V bis 0,223 V an 50 Ohm. Puls-, FM- oder Rechteckmodulation. Getrennte Messung der Ausgangsleistung und Wellenmesser	11 782.—	10 388.—
-hp- 626 A	10 GHz bis 15,5 GHz	Ausgang 10 dbm bis –90 dbm. Puls-, FM- oder Rechteckmodulation. Direkte Eichung	16 906.—	14 906.—
-hp- 628 A	15 GHz bis 21 GHz	Ausgang 10 dbm bis –90 dbm. Puls-, FM- oder Rechteckmodulation. Direkte Eichung	16 906.—	14 906.—

Änderungen vorbehalten / Preise ab Frankfurt a. M.



# Hewlett-Packard

Vertriebsgesellschaft m. b. H.

Frankfurt am Main Technisches Verkaufsbüro und Kundendienst  
Sophienstrasse 8, Telefon 77 31 75 u. 77 94 25  
HPSA - 7A - 428

weltweit bewährt

## UNSERE ALLEINVERTRETUNGEN:

**ANALAB INSTRUMENT CORPORATION**, Cedar Grove/N.J.  
Oszillographen, Kameras

**BRUSH INSTRUMENTS**, Cleveland/Ohio  
Mehrfach-Schreiber, Vorverstärker

**CASCADE RESEARCH**, Los Angeles/Calif.  
Ferrit-Bauteile für Mikrowellen

**EITEL-McCULLOUGH, INC.**, San Carlos/Calif.  
Hochleistungs-Klystrons, Sende- und Verstärker-Röhren

**ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.**, Portland/Oregon  
Meßbrücken, Präzisions-Potentiometer

**EMPIRE DEVICES PRODUCTS CORPORATION**,  
Amsterdam / New York  
Mikrowellen-Meßgeräte

**FERISOL**, Trappes (S. et O.), Frankreich  
Elektronische Meßgeräte

**FXR INC.**, Woodside / N.Y.  
Mikrowellen-Bauteile und -Instrumente

**HAMNER ELECTRONICS COMPANY, INC.**, Princeton/N.J.  
Kernphysikalische Meßgeräte

**THE HARSHAW CHEMICAL COMPANY**, Cleveland/Ohio  
Szintillationskristalle

**HUGGINS LABORATORIES, INC.**, Sunnyvale/Calif.  
Wanderfeldröhren

**KEITHLEY INSTRUMENTS, INC.**, Cleveland/Ohio  
Elektrometer, Mikro-Mikro-Amperemeter

**LABORATORY FOR ELECTRONICS, INC.**, Boston/Mass.  
Mikrowellen- und Radar-Meß- und Prüfgeräte

**MENLO PARK ENGINEERING**, Menlo Park/Calif.  
Wanderfeldröhrenverstärker, Solenoide, Netzgeräte f. Carcinotrons

**MID-EASTERN ELECTRONICS, INC.**, Springfield/N.J.  
Transistor, Netzgeräte für Gleichstrom-Niederspannung,  
Meßgeräte für Isolationswiderstände

**OKI ELECTRIC INDUSTRY CO. LTD.**, Tokio/Japan  
Millimeterwellen-Klystrons

**PANORAMIC RADIO PRODUCTS**, Mount Vernon/N.Y.  
Breitband-Spektrographen, Frequenz-Kalibratoren

**RADIO CORPORATION OF AMERICA**, Clark/N.J.  
Röhren und Spezialröhren, Meßgeräte

**RADIO FREQUENCY LABORATORIES, INC.**, Boonton/N.J.  
Meß- und Prüfgeräte

**SCIENTIFIC-ATLANTA, INC.**, Atlanta/Georgia  
Antennen-Meß- und Prüfgeräte

**Analab**

**-brush**

**CR**

**Eimac**

**e s i**

**edp**

**FERISOL**

**FXR**

**Hamner**

**HARSHAW**

**HUGGINS**

**K**

**LFE**

**MP**

**ME**

**OKI**

**OKI**

**PANORAMIC**

**RCA**

**RF**

**SA**

## AUS DEM INHALT

### APRILHEFT 1961

Band 15 (1961) Heft 4, Seiten 133—196

R. Heidester: Antennen-Diversity im Hinblick auf Einsatzmöglichkeit und Aufwand .....	143
K. Thiele: Bootstrap-Sägezahngeneratoren mit vergrößerter Linearität der Sägezahnspannung .....	145
D. Gossel: Parametrische Verstärker .....	149
A. Schief: Ein einfacher Analogmultiplikator .....	153
T. Frieze: Ein echter Doppelimpulsgenerator .....	154
Der Twistor, ein neues Speicherelement .....	155
W. Dörr: Das Frigistor-Diagramm .....	156
H. Gommlich: Das Verhalten einer einfachen Gleichrichterschaltung beim Messen nichtsinusförmiger Spannungen .....	159
Effektivwert-Gleichrichter für Drehspulinstrumente .....	168
Internationales Halbleiter-Kolloquium Paris 1961 .....	172

#### Referate

Automatisches Such- und Kopiergerät für die Mikrofilm-Dokumentation .....	177
Magnetisierung von Dauermagneten mit Impulsmagnetisator .....	177
Hohlleiterapparat für 2 mm Wellenlänge .....	178
Neuartiger Magnetflußpalt-Tachodynamo .....	178
Angewandte Elektronik .....	182
Aus Industrie und Wirtschaft .....	185
Persönliches .....	189
Neue Bücher .....	191

#### Beilagen

Inhaltskartei · ELRU-Informationen

Zu unserem Titelbild: Digitaler Strahlungsmeßplatz „MS Str 610/1“ mit Zeitdrucker „MS ZD 691/1“ sowie Szintillationsmeßkopf „MS Sz 533/2“ mit Standard-Bleikammer „MS Blk 629/1“  
(Werkfoto: Telefunken)

Zeichnungen vom Atelier der ELEKTRONISCHEN RUNDSCHAU  
nach Angaben der Verfasser

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167. Telefon: Sammel-Nr. 492331 (Ortskennzahl im Selbstwählerferndienst 0311). Telegramme: Fokiverlag Berlin. Fernschreiber: 0184352 fachverlage bln. Chefredakteur: Wilhelm Roth, Stellvertreter: Albert Jänicke, Techn. Redakteur: Dietrich Röhl, Anzeigenleitung: Walter Bartsch, Chefgraphiker: Bernhard W. Beerwirth, sämtlich Berlin. Postscheckkonto: ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU PSchA Berlin West Nr. 2854. Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. Die ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU erscheint monatlich. Nachdruck — auch in fremden Sprachen — und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Die ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Preis bei Postbezug im Inland monatlich 3,— DM zuzüglich 12 Pf Postgebühr, Einzelheft 3,50 DM zuzüglich Porto. — Druck: Druckhaus Tempelhof, Berlin



**SCHNEIDER, HENLEY & CO. G. M. B. H.**

München 2 · Maximiliansplatz 12a · Tel.: 29 21 66 / 67 · Telegr.: Elektradimex